FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
verra dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XV — 20 JANVIER 1909

(TRENTE-TROISIÈME ANNÉE ; TOME LXV DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1909

10. 40 c 78. Sekt 21

L'ÉTHER

ET

LES THÉORIES OPTIQUES

L'étude des ombres portées par les corps opaques sous la lumière du Soleil ou des sources artificielles ; les lois de la réflexion et leur application à la construction d'appareils, la plupart simplement curieux ; la formation des images dans la chambre obscure ; de vagues aperçus sur quelques autres phénomènes à peine entrevus ; des conjectures plus vagues encore sur la couleur des corps et la nature de la lumière, telle fut, pendant longtemps, toute l'optique.

La partie scientifique reposait sur deux principes fournis par l'expérience, trop peu précise alors, heureusement, pour en suggérer d'autres, et qui sont restés à la base de ce que nous appelons aujourd'hui l'optique géométrique ou des *rayons :*

La lumière marche en ligne droite ;

La lumière s'ajoute à la lumière en augmentant d'intensité.

La règle et le compas faisaient tous les frais de la mise en œuvre.

C'est du commencement du XVIIe siècle que date le progrès. On avait remarqué depuis longtemps que des lentilles de verre convenablement taillées pouvaient ajouter à la netteté de la vision. Le hasard apprit à

les combiner pour aider la vue des petits objets et celle des corps éloignés. Les merveilles célestes que découvrirent à Galilée les premières lunettes excitèrent le désir de les perfectionner. Mais pour y réussir, il fallait connaître les lois qui président au passage de la lumière d'un milieu dans un autre. Elles sont complexes, et on fut longtemps à les interpréter. Résumons brièvement les conclusions de ces recherches qui préparent l'optique moderne.

Quand un rayon lumineux, cheminant dans l'air, aborde un corps transparent tel que le verre, il y pénètre en suivant une direction nouvelle. C'est le phénomène de la *réfraction*.

Les anciens l'ont connu ; ils ont vu que le rayon incident, la normale à la face d'entrée au point d'incidence et le rayon réfracté sont dans le même plan ; mais ils ont ignoré la loi de la déviation. Képler, le premier, en a déduit une expression approchée et d'application restreinte, d'une série d'expériences où les angles d'incidence et de réfraction, i et r, formés avec la normale par le rayon incident, dans l'air, puis, dans le corps transparent, par le rayon réfracté, étaient très petits. Plus tard, Snellius et Descartes ont dégagé de mesures plus exactes, accumulées au cours d'expériences plus étendues, la loi rigoureuse et générale représentée par la formule

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n.$$

Le nombre n, appelé l'*indice de réfraction*, dépend et de la *nature* du corps transparent, placé dans l'air, et de la *couleur* de la lumière employée, supposée *simple*. Pour le verre léger, par exemple, n vaut 1,51652 pour le rouge et 1,53349 pour le bleu. Dès lors, si nous dirigeons successivement ces deux rayons, sous la même incidence, sur un bloc de ce

verre, leurs angles de réfraction seront inégaux : le premier l'emportera sur le second, le rayon rouge se rapprochera moins de la normale que le rayon bleu. Si nous pouvions former un seul rayon incident de la superposition de ces deux rayons rouge et bleu, la réfraction les séparerait en les dirigeant suivant des chemins différents.

Or la nature réalise ces *lumières composées* dans les conditions les plus variées, comme elle mélange les sons dans le tintement d'une cloche ou le chant d'une corde vibrante. Nous pouvons, sans trop de peine, débrouiller l'enchevêtrement des *sons composés*, grâce à la faculté d'analyse que possède notre oreille : elle nous permet, l'exercice aidant, de fixer notre attention sur les éléments mêmes de l'ensemble et de les disjoindre. Mais notre œil est impuissant à réaliser de lui-même pareille dissociation d'une lumière composée ; il ne peut y réussir qu'en recourant à un intermédiaire.

Traçons sur le tableau noir un mince trait de craie blanche. Quelqu'effort que nous y apportions, ce trait, qui diffuse la lumière du jour, regardé à l'œil nu, nous paraît blanc ; mais regardé au travers d'un prisme de verre, il s'épanouit en un ruban élargi et coloré. C'est le phénomène de la *dispersion*. La lumière blanche est une lumière composée ; la nature en tire les couleurs dont elle peint l'image aérienne de l'arc-en-ciel, et dès longtemps on l'imitait sans s'en rendre compte. « On trouve, dit Sénèque, des baguettes de verre, cannelées ou bosselées qui, présentées transversalement aux rayons du Soleil, nous font voir les couleurs mêmes de l'arc-en-ciel. » Dans ces couleurs, il signale le rouge, le jaune et le bleu ; et il ajoute que les diverses teintes se succèdent par dégradation insensible.

Képler observa de plus près ce brillant phénomène, mais en laissant à Newton l'honneur d'en épuiser

l'étude expérimentale, comme il lui laissa celui de ramener ses trois lois du mouvement des planètes au principe de l'attraction universelle.

Les belles expériences d'analyse et de synthèse de la lumière imaginées par Newton et l'interprétation qu'il en donne — nous venons de la rappeler — sont restées classiques et ont été le point de départ d'une méthode de recherche merveilleusement féconde, l'*analyse spectrale*.

Est-il possible de réaliser, pour la dispersion, ce que Snellius et Descartes ont fait pour la réfraction : représenter la loi du phénomène par une formule mathématique qui nous permette de calculer, pour un milieu transparent donné, la valeur de l'indice de réfraction d'une lumière simple de couleur déterminée ?

On n'a pu évidemment y songer avant d'avoir rattaché, à chaque couleur simple, une *quantité* qui la spécifie et la distingue de toute autre, de façon très différente, mais bien mieux que l'adjectif *rouge*, *jaune*, ou *bleu* qui traduit l'impression qu'elle nous fait.

Newton a entrevu cette quantité caractéristique dans un phénomène étranger à la dispersion par réfraction, au cours de ses belles recherches sur les couleurs des lames minces, dont les bulles de savon nous offrent un brillant spécimen. C'est une *longueur* λ, propre à chaque couleur et variable avec elle. L'expérience des *anneaux* où elle s'est nettement manifestée doit, à cette circonstance, de rester dans l'histoire de l'optique un des événements capitaux ; mais on n'en apprécia que plus tard toute la portée. Cette grandeur mesure l'étape d'un état périodique existant le long de tout rayon lumineux : c'est, si l'on veut, le pas, de plus en plus long, quand la teinte passe du violet au rouge, de la marche de la lumière.

Au moment où Newton faisait ces belles découvertes,

Huygens en avait publié d'autres, non moins importantes, dans son *Traité de la lumière* — nous y reviendrons tantôt — et la lutte s'engageait entre deux théories prétendant à l'interprétation mécanique des phénomènes optiques connus jusque-là : le système de l'émission, préconisé par Newton, et celui des ondes élastiques mis en œuvre par Huygens.

Aujourd'hui, l'idée de faire de la lumière une forme de la matière est abandonnée ; on préfère y voir une forme de l'énergie, et pour d'excellentes raisons. Dans le système de l'émission matérielle, il fallait donner aux molécules lumineuses autant de propriétés différentes qu'il y avait de faits à expliquer ; c'est ce qui le discrédita. Les théories nouvelles doivent recourir à un milieu hypothétique doué de propriétés de convention, mais en nombre beaucoup moindre que les faits qu'elles expliquent ; c'est la fécondité de leurs principes qui a fait leur fortune.

Ces théories sont nombreuses ; il y a abondance, mais non superflu : toutes sont également plausibles, et la comparaison nous instruit sur leur portée.

En chacune d'elles se retrouve la longueur caractéristique λ dont nous parlions tantôt et qui s'appelait, dans le système de l'émission, la longueur d'alternance de facile transmission et de facile réflexion. Elle change de nom, mais garde son rôle, qu'elle partage avec une autre grandeur, une *durée*, qui lui est unie, en chaque milieu et pour chaque radiation simple, par le lien de la proportionnalité. Si elle a survécu à l'hypothèse de l'émission, si elle est assurée de survivre aux théories actuelles, si l'on vient un jour à les remplacer, c'est qu'elle répond à une propriété essentielle du rayon lumineux, quelle que soit la réalité qu'il nous plaise de placer sous ce vocable.

Deux groupes principaux se partagent les théories modernes.

Huygens, Young, Fresnel et leurs successeurs *assimilent* la lumière au *son* : comme lui, elle naît d'une rupture périodique d'équilibre dans un *milieu élastique*, où elle se propage sous forme d'ondes. Maxwell et ses disciples l'*identifient* avec les *oscillations électriques* que provoque la décharge d'un condensateur et qui se reproduisent, de proche en proche, au sein d'un *milieu inducteur*. Les jeux de lumière de nos phares rappellent aux premiers les cris des sirènes ; ils sont, pour les seconds, de nature identique aux signaux de la télégraphie sans fil.

Loin d'être contradictoires, ces théories s'accordent par le fond ; elles ne diffèrent que par le langage : elles conduisent aux mêmes résultats analytiques, mais l'interprétation concrète des formules y est tout autre ; elles énoncent et coordonnent les mêmes lois physiques que l'expérience nous a fait connaître, mais les symboles varient, le cadre et le fond du tableau sont très différents. Peut-être finiront-elles par n'en faire qu'une, le jour où l'on aura trouvé une interprétation élastique des phénomènes électromagnétiques.

Un aperçu, suivant l'ordre historique, du rôle, confié dans les théories optiques modernes à l'éther lumineux, fera le sujet de cet article.

L'Éther lumineux

L'acoustique a reçu de l'hydrodynamique une explication complète qui en fait le modèle achevé et le plus beau triomphe des théories mécaniques. C'est ce modèle qu'ont prétendu copier les fondateurs de la

théorie ondulatoire de la lumière. Tout semblait les y inviter.

Nos impressions auditives sont extrêmement variées. La première et la plus importante différence que nous établissons entre elles est celle qui nous fait distinguer le *bruit* du *son*. Nous appelons *bruits* toutes les sensations auditives confuses, trop courtes ou, surtout, trop irrégulières pour que nous puissions les distinguer nettement entre elles et y découvrir autre chose qu'un chaos de sonorités variées, éclatant par secousses et se heurtant tumultueusement. Tels sont le roulement d'une voiture sur le pavé de la rue, le fracas d'une chute d'eau, le mugissement de la tempête et de la mer démontée. Les bruits ne sont guère comparables entre eux que par l'*intensité*.

Nous réservons le nom de *sons* aux sensations auditives régulières et soutenues, ordonnées et comparables entre elles par des qualités très différentes de l'intensité.

Le son et le bruit s'associent souvent dans des rapports très variables, se mêlent et se fusionnent dans la transition de l'un à l'autre ; les caractères qui les distinguent — la régularité et la confusion — se retrouvent alors à la fois dans la même sensation. Une oreille exercée peut toutefois trier l'ordre de ce désordre, le son du bruit. Nous pouvons, d'autre part, composer un bruit du mélange confus de sons discordants — le chat y réussit à merveille en se promenant sur le clavier d'un piano — ou former un son complexe de la superposition de plusieurs sons simples : c'est ce que réalisent les timbres, les cordes vibrantes et, en général, tous les instruments propres à engendrer le son. Il est donc permis de supposer que le son est l'élément fondamental de nos sensations auditives ; et, dès lors, c'est sur lui que doit porter toute notre attention.

Or, pour le *produire* et le *percevoir*, il faut et il suffit — l'expérience le prouve — qu'un corps élastique quelconque vibre rapidement, et qu'une suite ininterrompue de milieux matériels élastiques apportent à notre oreille, sous forme d'ondes périodiques, les ébranlements qu'y produisent ces vibrations. Encore que tous ces mouvements vibratoires et ondulatoires échappent le plus souvent à l'observation immédiate, on peut en constater la réalité de bien des manières, dont la meilleure consiste à demander au corps vibrant ou au milieu propagateur d'inscrire eux-mêmes tous les éléments du mouvement dont ils sont le siège. L'étude de ces tracés permet de compter la *fréquence* des vibrations, ou leur nombre par seconde, correspondant à un son donné et, par suite, d'en fixer la *période* ou la durée d'une de ces oscillations ; elle nous renseigne aussi sur l'*amplitude* de ces vibrations et sur la *forme de la trajectoire* que décrivent les éléments mobiles.

Or à ces trois éléments mécaniques du mouvement périodique vibratoire : la fréquence ou la *période*, l'*amplitude* et la *forme de la trajectoire*, l'expérience impose de rattacher les trois *qualités essentielles* des sons : la *hauteur* à la période, l'*intensité* à l'amplitude, et le *timbre* à la forme de la trajectoire. En sorte qu'aux adjectifs *grave* et *aigu*, qui traduisent vaguement l'impression de la *tonalité* des sons ; aux adjectifs *faible* et *fort*, qui marquent leur *intensité* ; *moelleux*, *strident*, *sourd*,... qui rappellent leur timbre, se rattachent des *quantités* qui distinguent mathématiquement deux sons de hauteur différente, par leurs périodes, deux sons de même hauteur mais d'intensité inégale, par leurs amplitudes, deux sons de même hauteur et de même intensité, mais émis par des instruments différents qui y mêlent des harmoniques variables par le nombre et l'intensité, d'où dépendent

leur timbre, par la forme plus ou moins compliquée de la trajectoire de leurs vibrations résultantes. En tout ceci, point de masses cachées : la matière qui sert de support aux phénomènes est celle qui tombe sous nos sens ; point de propriétés occultes : celles qu'on invoque, l'élasticité du corps vibrant et celle du milieu propagateur, sont du domaine de l'observation et se prêtent à nos mesures ; point de mouvements insaisissables : on peut les faire toucher du doigt. De ces données concrètes et sûres, la théorie mathématique s'empare et construit un édifice solide, achevé qui est plus et mieux qu'une simple image de la réalité.

Or entre le son et la lumière les anologies sont nombreuses : la nature nous offre des lumières simples en des mélanges aux nuances les plus variées ; leur couleur rappelle la tonalité du son et leur éclat son intensité. Comme le son, la lumière se propage avec une vitesse finie ; elle se réfléchit, se réfracte,... Il semble qu'il n'y ait, entre ces deux phénomènes, que la différence qu'y introduisent nos sensations. On conçoit dès lors qu'à une époque où la physique cartésienne retenait l'attention des meilleurs esprits, où la doctrine du livre des *Principes* avait fait naître la pensée de construire la physique sur le modèle de la mécanique céleste et dirigeait les efforts, non sans succès, dans la voie des interprétations mécaniques, on conçoit que c'est sur le plan de l'acoustique qu'on ait bâti l'optique.

Mais entre le son et la lumière, il y a, sous ces analogies superficielles, des différences profondes dont l'observation et l'expérience devaient accroître le nombre et accentuer le caractère irréductible, au point de réduire cette assimilation à une comparaison grossière et boiteuse.

Le vide de matière pondérable est muet : il se refuse à propager le son. La lumière, au contraire,

pour nous venir des astres, traverse le milieu interplanétaire et interstellaire où la matière grossière ne saurait exister sans troubler l'harmonie des mouvements célestes ; nulle part même elle ne marche plus à l'aise. Force nous est donc, pour maintenir l'analogie et tenir compte du fait expérimental de la transmission progressive de la lumière, de remplir les espaces célestes d'une forme nouvelle de la matière. On la suppose impondérable, puisqu'elle existe dans ce que nous appelons le vide, là où la matière pondérable n'existe pas ; rien d'ailleurs jusqu'ici ne force à la soumettre à la gravitation. L'imagination nous la représente sous les traits de la matière vulgaire, mais elle ne lui accorde qu'une densité réduite à ce point qu'elle ne puisse offrir aucune résistance appréciable aux mouvements des corps célestes. Enfin on lui donne un nom, ce qui ne préjuge rien : on l'appelle l'*éther* (1). Les cartésiens étaient préparés à lui faire bon accueil par leurs méditations sur la *matière subtile* du maître, réceptacle de l'énergie universelle.

Mais la lumière ne traverse pas que le vide ; elle pénètre aussi à l'intérieur des corps transparents et y chemine avec des vitesses variables de l'un à l'autre, de même ordre que sa vitesse dans l'éther, et énormément supérieures à celles du son dans les milieux pondérables. De plus, le phénomène de l'aberration astronomique, qui n'est pas encore sans mystère, met en évidence le mouvement relatif du milieu propagateur de la lumière et de l'air pondérable qui remplit la lunette : celui-ci participe au mouvement de la Terre, tandis que le premier ne subit qu'un entraînement partiel, révélé d'ailleurs par des expériences directes. Ce n'est donc pas la matière pondérable qui

(1) Voir, sur l'histoire de l'éther, l'article de M. V. Bloch, *Les origines de l'Éther*, dans la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES, XIXe année, n° 22, livraison du 30 novembre 1908.

propage la lumière dans les corps transparents : et nous voilà forcés d'introduire l'éther au sein même de la matière pondérable, partout où la lumière peut pénétrer : il en est partout le véhicule nécessaire.

Là, comme dans le vide, nous devons le supposer doué d'*élasticité* et d'une propriété équivalente à l'*inertie*.

Quand un pendule est écarté de sa position d'équilibre, la pesanteur l'y ramène et l'inertie la lui fait dépasser : c'est pour cela qu'il oscille. Dans nos montres, l'élasticité d'un ressort remplace la pesanteur, et l'inertie du balancier fait le reste. Dans l'éther, à l'élasticité développée par une déformation convenable et qui tend à restaurer le milieu en son état d'équilibre, il faut joindre, pour y rendre les oscillations possibles, l'équivalent de l'inertie qui lui fasse dépasser cet état d'équilibre. C'est ce qui fait dire que si l'éther impondérable est sans *poids*, il n'est pas pour cela dépourvu d'*inertie* ; et ce n'est pas une antinomie. Le *poids* est une force particulière — il y en a d'autres — qui peut ne pas lui être appliquée ; l'*inertie* est cette propriété de la matière par laquelle elle réclame l'intervention d'une cause extérieure pour prendre un mouvement ou en changer ; elle n'a rien à voir avec le poids.

C'est dans ce milieu, prêt à se bander et à se détendre, et pouvant osciller grâce à son inertie, que la lumière se propage sous forme d'ondes, à la manière du son dans la matière pondérable élastique.

La nécessité de créer de toutes pièces ce milieu envahissant à seule fin d'expliquer la transmission de la lumière, n'est pas ce qui détermina Newton à rejeter l'idée d'assimiler la lumière au son (1). Lui-même, dans son système de l'émission, introduit, comme organe accessoire, un semblable milieu qu'il appelle

(1) Sur les idées de Newton en optique, et leur évolution, voir : V. L. Bloch, *La Philosophie de Newton*, 1 vol. in-8°, Paris, Alcan, 1908.

éther, doué, pour les mêmes raisons, d'une densité infime et d'une élasticité énorme, et capable de propager, avec une vitesse supérieure à celle de la lumière même, les ondes qu'y font naître le mouvement des molécules lumineuses. Son rôle, dans les phénomènes optiques, se réduit à provoquer la réflexion ou la réfraction, suivant que le va-et-vient de ses vibrations aide ou contrarie la translation des molécules lumineuses, au moment où elles rencontrent la surface d'un nouveau milieu : on expliquait ainsi les « alternances de facile réflexion et de facile transmission », en particulier, dans l'interprétation des couleurs des lames minces, où se révèle le caractère de périodicité. Si Newton se refuse à identifier la lumière avec les vibrations mêmes de ce milieu auxiliaire, c'est pour des raisons d'ordre expérimental.

La lumière, dit-il — c'est sa première objection — marche droit devant elle ; l'inertie le veut ainsi si elle est matérielle ; le son, au contraire, tourne les obstacles et il en doit être ainsi de tout mouvement ondulatoire propagé par un fluide élastique.

Mais pour bien voir, il faut bien regarder. Si Newton avait considéré de plus près — Fresnel ajoute : sans prévention — les expériences de Grimaldi qu'il reproduit et où se manifeste la pénétration de la lumière dans l'ombre portée par un corps très mince, éclairée par une source très petite, il eût reconnu que cette objection se retourne contre lui. La lumière, comme le son, mais avec une facilité bien moindre, tourne les obstacles : elle envahit l'ombre d'un cheveu, elle s'épanouit quand, provenant d'une source très petite, elle passe par un trou très étroit, etc. ; et ce *phénomène de la diffraction* s'entoure de circonstances telles qu'il faut, pour tenter d'en rendre compte dans le système de l'émission, violenter les faits ou recourir aux hypothèses les plus extravagantes. La théorie des

ondes, au contraire, en rend compte dans les moindres détails, prévoit les conditions spéciales dans lesquelles il faut se placer pour manifester clairement ce phénomène, explique pourquoi il est pratiquement impossible de s'en débarrasser dans la propagation du son : tout cela sans aucune hypothèse nouvelle et en restant d'accord avec toutes les données expérimentales.

Si l'on s'étonne en reproduisant les expériences de Grimaldi, dans les conditions où Newton les a réalisées, qu'un observateur aussi habile et aussi clairvoyant ait passé outre sans y relever ce qui eût dû surtout le frapper, on se convainc, en relisant son Optique, qu'il ne se fût pas buté obstinément à cette difficulté, s'il n'en eût rencontré une autre, bien plus grave à ses yeux, et qui, de fait, semblera aux contemporains de Fresnel, même après ses admirables travaux, une condamnation sans appel de la théorie des ondes.

En 1670, Érasme Bartholin avait constaté qu'un rayon lumineux tombant sur une des faces d'un rhomboèdre de spath d'Islande, donne naissance à deux rayons réfractés : c'est le *phénomène de la double réfraction* que manifestent tous les cristaux n'appartenant pas à la forme cubique. L'un de ces rayons suit, dans sa déviation, la loi de Descartes : on l'appelle pour cela le *rayon ordinaire* O ; l'autre se soustrait à cette loi : c'est ce qui lui vaut le nom de *rayon extraordinaire* E.

Vingt ans plus tard, Huygens étudie ce phénomène et y découvre un profond mystère. C'est dans son *Traité de la lumière* qu'il le fait connaître ; mais ce n'est pas tout ce qu'il y a d'intéressant dans ce livre où, pour la première fois, l'assimilation de la lumière au son concourt scientifiquement à la constitution d'une théorie optique.

L'illustre savant y donne l'énoncé d'une méthode de raisonnement, d'un prix excellent, qui s'appelle en optique le *principe d'Huygens*, où l'on considère chaque élément d'une onde comme un centre lumineux particulier ; sa fécondité, sanctionnée par l'expérience, rendit d'éclatants services bien avant qu'on ait pu en donner une démonstration rigoureuse. Il le conduit à développer un premier essai d'interprétation des lois de la réflexion et de la réfraction dans la théorie des ondes, et à une règle pratique permettant de construire les rayons ordinaire et extraordinaire de la double réfraction dans le spath et les cristaux similaires. Enfin, Huygens ajoute à l'observation de Bartholin ce complément capital : si l'on reçoit, à la sortie d'un spath, le rayon ordinaire O et le rayon extraordinaire E sur un second spath, chacun de ces rayons se dédouble, en général, pour donner à son tour un rayon ordinaire et un rayon extraordinaire ; mais si l'on fait tourner le second spath autour de la direction générale de la propagation, on voit l'intensité des deux rayons ordinaires et celle des deux rayons extraordinaires émergents varier en sens inverse ; bien mieux, on trouve une orientation relative des spaths pour laquelle les deux rayons ordinaires s'éteignent, en même temps que les intensités des deux rayons extraordinaires passent par un maximum ; et une autre orientation, perpendiculaire à la première, où l'inverse se produit : ce sont les deux rayons extraordinaires cette fois qui s'éteignent, et les deux rayons ordinaires qui acquièrent tout leur éclat. « Pour dire comment cela se fait, écrit Huygens, je n'ai rien trouvé jusqu'ici qui me satisfasse. » On le croit sans peine.

Newton prend occasion de cet aveu d'impuissance pour en faire porter tout le poids à la théorie des ondes elle-même, telle que tout le monde la concevait alors. Voici son objection.

Les ondes lumineuses, on le supposait, sont, dans l'éther, identiques aux ondes sonores que propagent les fluides pondérables, l'air par exemple. Or ces ondes sonores s'accompagnent de condensation et de raréfaction ; les vibrations dont elles sont le siège sont donc *longitudinales*, parallèles à la direction de la propagation, comme l'exige d'ailleurs l'élasticité propre aux fluides, et l'éther en est un, par hypothèse.

Mais des ondes à vibrations longitudinales sont identiques à elles-mêmes dans tout plan mené par la direction de la propagation. Elles ne peuvent avoir des propriétés différentes en haut et en bas, à droite et à gauche de cette direction ; il le faudrait cependant pour concevoir qu'elles traversent un cristal transparent ou s'y refusent suivant l'orientation de ce cristal.

Au contraire, dans la théorie de l'émission une explication paraît possible. Rien n'empêche, en effet, de douer les molécules lumineuses de *propriétés dirigées*, d'en faire, en quelque sorte, des *aimants minuscules*. D'autre part, les éléments de la matière grossière peuvent être aussi des *molécules polaires*, distribuées au hasard dans les corps amorphes, orientées dans le cristal ; et l'on trouverait, sans doute, dans les actions réciproques de ces *molécules polaires* pondérables sur les *molécules polaires* lumineuses les éléments d'une interprétation de ce mystère, que ne peut fournir, à coup sûr, l'hypothèse des ondes longitudinales.

Plus tard, Malus découvrira que la lumière réfléchie sous une incidence convenable, par un plan de verre, et celle qui a traversé une pile de glaces sous grande incidence, refuse, au moins pour une bonne part, de se réfléchir une seconde fois sur un miroir semblable, quand on le lui présente dans deux orientations spéciales : elle a acquis la propriété bizarre des rayons

doublement réfractés par le spath. Il se souviendra des *molécules polaires* de Newton et il rangera sous le nom de *polarisation*, les phénomènes qui donnent à la lumière ces propriétés dirigées.

Dans l'essai d'interprétation que Malus tente de mettre sur pied, les molécules lumineuses, comme les aimants, ont deux axes : l'un — l'axe magnétique — joint les bouts ou les faces à propriétés contraires : l'autre — l'axe de symétrie ou de *polarisation* — est perpendiculaire au premier. Dans la *lumière naturelle*, qui nous vient directement d'une source, le Soleil, une lampe, sans avoir subi ni réflexion ni réfraction, les axes de polarisation des molécules lumineuses, comme ceux des molécules polaires pondérables dans les corps amorphes, ont toutes les directions que le hasard autorise. La réflexion et la réfraction simple ont pour effet d'orienter ces axes, en tout ou en partie suivant les circonstances, dans un même plan, et la double réfraction celui de partager les molécules transmises entre deux directions que la structure du cristal détermine, et cela en orientant leurs axes polaires respectivement dans des plans parallèles à la section principale du cristal et dans des plans perpendiculaires. Ces plans d'orientation sont appelés *plans de polarisation*. Pour distinguer de la lumière naturelle, à éléments désorientés, cette lumière ordonnée, *cristallisée*, on donna à celle-ci le nom de *lumière polarisée*.

Toute cette terminologie survivra aux molécules polaires de Newton. Fresnel la conservera alors qu'il aura éloigné de son esprit l'image des *ondes longitudinales* et expliqué le nom importun de *fluide*, donné à l'éther : il l'introduira, dans son optique à *vibrations transversales*, par respect, dit-il, pour les habitudes prises, et il continuera à parler du *plan de polarisation*, dont la considération est devenue inutile — lui-même en fait la remarque — moins pour être compris

des tenants de l'émission contre lesquels il bataille, que pour ménager leur susceptibilité, en ne bouleversant pas à la fois leur langage et leurs idées. Ses successeurs imiteront sa réserve, par respect pour lui sans doute ; et c'est ainsi que la théorie ondulatoire actuelle parle toujours la langue des disciples de Newton. Ces vocables sonnent étrangement aux oreilles de nos étudiants, trop rarement instruits de l'évolution historique des théories physiques, et jettent parfois le trouble dans leurs idées.

Revenons au *Traité de la lumière*. Nous avons dit ce qu'il contient ; voici ce qu'on n'y trouve pas.

Dans ses raisonnements, Huygens n'a jamais égard qu'à l'onde produite par une « pulsation » unique du centre lumineux. Sans doute, il la conçoit précédée et suivie d'ondes semblables, douées des mêmes propriétés ; mais il ne suppose entre elles aucune relation générale qui lui permette de combiner leurs effets : en particulier, la notion de *périodicité* entraînant celle d'*interférence* constante de deux ondulations qui apporteraient sans cesse, en un même point, des sollicitations opposées l'une à l'autre, lui est absolument étrangère. C'est pour cela qu'il n'a, de la vérité de son *principe*, qu'un sentiment sans preuve, sans réponse aux objections graves qu'il soulève ; c'est pour cela aussi que ses vues théoriques sur la réflexion et la réfraction restent inconsistantes. L'optique des *ondes longitudinales indépendantes* avait donné, entre ses mains, tout ce dont elle était capable. Le progrès en réclamait une autre : l'*optique des ondes longitudinales périodiques*, dont Young fut l'artisan. Elle le conduisit d'emblée au *principe des interférences* dont il fournit la preuve expérimentale.

Les vibrations sonores, qui résultent du libre jeu des forces élastiques d'un milieu pondérable *périodi-*

quement ébranlé, sont décomposables, d'une infinité de manières, en deux demi-vibrations exactement contraires ; en sorte qu'à deux époques séparées par la durée d'une demi-vibration ou, plus généralement, d'un nombre impair de demi-vibrations, les vitesses des molécules du milieu ébranlé et leurs distances à leur position d'équilibre, sont égales et directement opposées. Il s'ensuit que si deux vibrations de ce genre, parties en même temps d'une même origine, viennent, après avoir parcouru des chemins inégaux, se réunir en un même point, sous des directions sensiblement parallèles, elles devront se renforcer ou s'affaiblir mutuellement et de façon permanente, suivant que la différence des temps de propagation, depuis l'origine, les maintient en accord ou en désaccord constant. Si, en outre, la différence des chemins parcourus n'est qu'une petite fraction de ces chemins eux-mêmes, en sorte que les intensités de ces deux vibrations soient restées à peu près égales, comme elles l'étaient à l'origine, il y aura repos presque absolu et permanent au point où elles seront en désaccord complet. Dans ces conditions, le son s'ajoutant au son produira le silence. Dès lors, si la lumière est assimilable au son, il faut que, dans les mêmes conditions, de la lumière ajoutée à la lumière résulte l'obscurité.

Young voulut s'assurer qu'il en était bien ainsi. Il introduisit dans la chambre obscure, par une ouverture étroite, un faisceau de rayons solaires qu'il dirigea sur une lame opaque, percée de deux trous très petits et très voisins. Les cônes lumineux qui se propagent au delà de l'écran, dilatés par la diffraction, empiètent bientôt l'un sur l'autre. On reçoit ce remous d'ondes sur un écran : dans la partie commune aux deux faisceaux, on constate, non pas un accroissement général de l'intensité lumineuse, mais une série de bandes alternativement obscures et brillantes, dispo-

sées là où l'idée qui a présidé à l'expérience demande que les mouvements vibratoires s'affaiblissent ou se renforcent.

C'est en étudiant, sans doute, la propagation du son et, peut-être, le phénomène des battements dont il s'est occupé, que Young fut amené à prévoir l'extinction mutuelle des vibrations lumineuses. Toutefois, lui-même mentionne, à plusieurs reprises, un passage de Newton où se rencontre une première application du principe des interférences. Ce n'est pas dans l'*Optique*, mais dans le livre des *Principes* qu'il faut le chercher; il n'y est question ni du son ni de la lumière, mais de l'explication de certaines marées anormales observées par Halley dans la Mer de Chine. Les ondes de la marée océanique y pénètrent par deux détroits, situés au nord et au sud de l'archipel des Philippines; dans les ports où elles arrivent avec un retard relatif de six heures, elles s'affaiblissent, ou même s'entre-détruisent dans certaines circonstances qui assurent l'égalité entre les deux marées consécutives d'un même jour.

Quoi qu'il en soit, Young eut le sentiment très net de la vérité et de la fécondité de son principe. Sa belle expérience n'était pas à ses yeux ce que Biot voulut y voir, la manifestation d'une propriété « curieuse » de la lumière, explicable peut-être par les lois de notre organisme; mais une de ses propriétés essentielles, la conséquence nécessaire et évidente de l'hypothèse qui voit, dans sa propagation, celle d'une série d'*ondes périodiques*. Si la découverte était, en effet, curieuse, la clairvoyance de son auteur la rendit considérable et en fit le fondement de la plupart de ses théories.

C'est du principe des interférences que Young déduit l'explication des couleurs des lames minces et des lames épaisses, celle des franges extérieures et intérieures à l'ombre des corps opaques éclairés par des sources lumineuses suffisamment petites, celle des

phénomènes naturels, tels que les couronnes solaires et lunaires, l'irisation superficielle des métaux, les reflets chatoyants des plumes des oiseaux et des surfaces striées, etc. Enfin, il le fit servir à la détermination des éléments numériques fondamentaux des vibrations lumineuses.

Soit V la vitesse de la lumière dans le vide, comme alors par les recherches de Roemer sur les éclipses des satellites de Jupiter et par la découverte de l'aberration par Bradley : elle mesure 300 000 kilomètres environ à la seconde. Si T est la *période*, ou la durée de la vibration lumineuse correspondant à une couleur déterminée, N la *fréquence* et λ la *longueur d'onde*, ou le chemin parcouru par la propagation, avec la vitesse V pendant le temps T, on a, entre ces quantités, les relations :

$$T = \frac{1}{N}, \quad \lambda = VT \quad \text{et} \quad N = \frac{V}{\lambda}.$$

Dans un autre milieu, pour la même radiation, T et N ne varient pas : la *période* et la *fréquence* peuvent donc servir à caractériser numériquement la radiation employée, quel que soit le milieu ; V et λ varient, mais leur rapport, égal à N, reste constant : la *longueur d'onde* peut donc aussi caractériser la radiation étudiée, dans un milieu donné où V serait connu. C'est la « longueur d'accès de facile réflexion ou de facile transmission » de la théorie de l'émission, qui nous revient ici, sous un autre nom, mais pour jouer le même personnage.

On ne peut expérimentalement ni compter N ni mesurer T ; mais le phénomène des interférences permet de déterminer la valeur de λ et, par suite, de calculer N et T. Donnons un exemple.

Au jaune moyen du spectre correspondent des vibrations dont la *longueur d'onde* mesure 555 millionièmes

de millimètre ; leur *fréquence* est donc $\frac{3.10^{14}}{555}$, soit 540 trillions à la seconde, et leur *période*, l'inverse de ce nombre, dure $\frac{1}{540\,000\,000\,000\,000}$ de seconde. Du rouge au violet, la longueur d'onde se raccourcit, la fréquence augmente et la période diminue.

Young se complaît dans les spéculations théoriques. Il met sa gloire et son plaisir, dit-il, à se passer autant que possible du contrôle de l'expérience qu'il juge surabondant, tant la vérité de ses principes lui paraît claire : « For my part, écrit-il à Gurney, it is my pride and pleasure, as far I am able, to supersede the necessity of experiments. » Facilement, il substitue au raisonnement rigoureux que réclament ses contradicteurs, un aperçu ingénieux qui suffit à sa conviction mais n'entraîne pas la leur. Le détail ni ne l'intéresse ni ne le retient ; il va droit à l'explication *en gros* des phénomènes. Il n'a cure des objections ; loin de les prévoir ou de les soumettre à la critique, il semble ne point entendre celles qu'on lui oppose. Il en est cependant de très graves, soulevées par presque toutes les applications du *principe d'Huygens* et de la loi des interférences ; aux yeux d'illustres géomètres, ce sont autant d'excellentes raisons qui justifient leur opposition aux idées nouvelles. Elle se traduit en critiques impitoyables, parfois malveillantes. Young en est écœuré, découragé ; il reste convaincu, mais renonce à convaincre personne. Encore, en face des phénomènes de *polarisation* n'a-t-il rien à ajouter à la parole d'Huygens : « Pour dire comment cela se fait, je n'ai rien trouvé jusqu'ici qui me satisfasse. »

Pour triompher de cette opposition et embrasser dans une même théorie l'ensemble des phénomènes lumineux, un nouvel effort était nécessaire, un des plus grands et des plus heureux qui aient fait honneur à

l'esprit humain. A l'optique des ondes longitudinales périodiques, Fresnel va substituer celle des *ondes transversales périodiques*.

L'enseignement que le jeune ingénieur avait reçu à l'École polytechnique, où Hassenfrats — qu'Arago a rendu joyeusement célèbre — lui avait appris la physique, ne l'avait pas préparé à ses découvertes ; il ignorait même, faute de bons traités qui n'existaient pas alors, les travaux de ses devanciers. On doit dire, à son honneur mais sans le proposer en cela comme modèle, qu'il a accru et perfectionné l'optique avant de l'avoir étudiée.

C'est le hasard, semble-t-il, qui, en éveillant sa curiosité, lui ouvrit la voie. « J'ai vu dans le *Moniteur*, il y a quelques mois, écrit-il à son frère le 15 mai 1814, que Biot avait lu à l'Institut un mémoire fort intéressant sur la *polarisation de la lumière*. J'ai beau me casser la tête, je ne devine pas ce que c'est. »

Aussi pauvre d'instruments que de livres, Fresnel profite de loisirs forcés pour se mettre à l'œuvre, appliquant les moyens les plus vulgaires, les seuls dont il dispose, aux recherches les plus délicates. Son habileté supplée si bien à tout que ses expériences réussissent cent fois sur cent. Leurs résultats, merveilleux de précision et riches de promesses, lui valent le bienveillant accueil, les sages conseils, l'aide efficace et bientôt la collaboration d'Arago : ce fut leur meilleure récompense.

Dans ses premiers travaux et jusqu'à ses recherches sur l'interférence de la lumière polarisée, Fresnel n'a devant les yeux et ne parle dans ses écrits que d'*ondes lumineuses périodiques longitudinales*, identiques aux ondes sonores dans les fluides ; mais ses raisonnements sont, au fond, indépendants de cette manière de voir et de s'exprimer. C'est en apparence aussi qu'ils sont

restreints aux milieux où la vitesse de propagation de la lumière est la même dans toutes les directions. Il n'y a rien à y changer quand on suppose les ondes *transversales*, et, au prix de quelques modifications dans les calculs, ils s'appliquent d'eux-mêmes aux milieux biréfringents. Toute cette partie de l'optique — où les phénomènes lumineux ont leurs correspondants en acoustique — peut donc se construire aussi en recourant aux *ondes périodiques transversales*.

C'est par l'étude des *ombres* que Fresnel inaugure ses recherches. Il y déploie cette faculté précieuse, que peu d'observateurs ont possédée au même degré, d'apercevoir, dans un minime détail, le germe des plus importantes théories. Elle lui fit d'abord retrouver le principe des interférences.

Young, nous l'avons dit, en avait fourni la démonstration expérimentale en superposant des rayons que la *diffraction avait déviés*. La critique n'avait point manqué de souligner cette circonstance : avant de rien conclure, il eût fallu, disait-elle, éclaircir le mystère de la diffraction. Fresnel écarte les objections en imaginant de nouvelles expériences — celle des deux miroirs entre autres — où il établit que la *diffraction* n'est pour rien dans cette propriété d'interférer, puisqu'elle appartient aussi aux rayons non diffractés et qu'ils la gardent après avoir été réfléchis ou réfractés dans les circonstances les plus variées.

De la loi des interférences établie en un jour clair et par des expériences assurées, il tire toutes les conséquences. Le *principe d'Huygens* en reçoit une démonstration, sinon définitive, au moins basée sur les idées d'où sortira la preuve rigoureuse. La réflexion et la réfraction y trouvent une interprétation qui échappe aux difficultés attachées à la théorie d'Huygens. Du principe d'Huygens et de la loi des interférences,

il fait surgir une théorie de la diffraction à laquelle on n'a dû ni rien changer ni rien ajouter...

Tout cela, c'est encore l'*optique de Young*, assise sur des bases expérimentales larges, solides, mais dont la fécondité est épuisée : les phénomènes de la polarisation n'y ont point de place ; nul effort ne saurait les y faire rentrer sans briser son cadre.

Nous avons dit que la découverte de la polarisation avait été saluée, par les partisans de l'émission, comme une victoire. Des phénomènes nouveaux qui se rattachent intimement à cette propriété de la lumière, vinrent bientôt exiger d'eux, pour maintenir leur position, le recours à des hypothèses de plus en plus arbitraires et de moins en moins satisfaisantes pour l'esprit. Il nous suffira de rappeler ici la plus importante de ces découvertes, celle de la *polarisation chromatique*.

En 1811, Arago avait reconnu que la lumière bleue du ciel était partiellement polarisée. Un jour, dit-il, « en examinant, par un temps serein, une lame assez mince de mica, à l'aide d'un prisme de spath d'Islande, je vis que les deux images qui se projetaient sur l'atmosphère n'étaient pas teintes des mêmes couleurs : l'une d'elles était jaune verdâtre, la seconde rouge pourpre, tandis que la partie où les deux images se confondaient était de la couleur naturelle du mica vu à l'œil nu. Je reconnus en même temps qu'un léger changement dans l'inclinaison de la lame, par rapport aux rayons qui la traversent, fait varier les couleurs des deux images, et que, si, en laissant cette inclinaison constante et le prisme dans la même position, on se contente de faire tourner la lame de mica dans son propre plan, on trouve quatre positions à angle droit où les deux images prismatiques sont de même éclat et parfaitement blanches. En laissant la lame immobile et faisant tourner le prisme, on voyait de

même chaque image acquérir successivement diverses couleurs et passer par le blanc après chaque quart de révolution. »

La lumière polarisée possède donc la propriété de se diviser en deux rayons teints de couleurs complémentaires, lorsque, après avoir traversé une lame biréfringente, on la reçoit sur un spath d'Islande.

Biot étudie le détail de ces modifications et croit y découvrir les effets d'une oscillation périodique des axes de polarisation des molécules lumineuses, précédant le moment où ils se répartissent définitivement entre le plan de la section principale du cristal et le plan perpendiculaire. Pendant de longues années et avec une insistance digne d'une meilleure cause, il défendra cette conception arbitraire de la *polarisation mobile*, où les mouvements de balancement commencent et s'achèvent à point nommé, pour le besoin de la théorie, et sans qu'on puisse en donner la moindre raison, et il se plaira à y voir bien plus qu'une preuve de son ingéniosité : un nouveau triomphe pour le système de l'émission.

Young se refuse à souscrire à cette prétendue victoire. La lumière polarisée reste sans doute à ses yeux un mystère dans la théorie des ondes ; mais elle lui suggère cette idée directrice des recherches à entreprendre pour élucider ce nouveau phénomène : il y a, entre l'épaisseur de la lame cristalline et les couleurs de la polarisation d'une part, l'épaisseur de la couche d'air et les couleurs des *anneaux de Newton* d'autre part, une analogie que les mesures rendent certaine et très intime. Si l'un de ces phénomènes — celui des anneaux — est dû à l'interférence, n'est-il pas probable que l'autre en dépend également ?

Mais que d'appoints il manque à cette généralisation pour devenir une théorie s'adaptant à toutes les circonstances de l'observation d'Arago ! Pourquoi, dans

ce mode particulier de l'interférence, les deux rayons doivent-ils être issus d'un même rayon préalablement polarisé, et non d'un rayon naturel ? — Pourquoi les couleurs n'apparaissent-elles qu'à la faveur d'une seconde action polarisante, succédant au passage de la lumière à travers la lame biréfringente ? — Pourquoi, quand cette seconde action polarisante est demandée à la double réfraction, ces couleurs sont-elles complémentaires ?

Fresnel, à qui l'idée de Young s'était offerte, comprit que l'analogie ne pouvait tenir lieu de preuve. Manifestement, la polarisation modifiait profondément les lois de l'interférence. C'est par l'étude de ces modifications qu'il fallait aborder le problème.

Avec la collaboration d'Arago, il refait, en lumière polarisée, les expériences célèbres qu'il avait faites avec la lumière naturelle. Voici les conséquences qu'il en tire, et qui vont transformer la face de l'optique.

« 1° Dans les mêmes circonstances où deux rayons de lumière (naturelle) paraissent mutuellement se détruire, deux rayons *polarisés en sens contraires* n'exercent l'un sur l'autre aucune action appréciable ;

» 2° Les rayons *polarisés dans un seul sens* agissent l'un sur l'autre comme les rayons naturels : en sorte que, dans ces deux espèces de lumière, les phénomènes d'interférence sont absolument les mêmes ;

» 3° Deux rayons *primitivement polarisés en sens contraires* peuvent ensuite être ramenés à un même plan de polarisation, *sans néanmoins acquérir par là la faculté de s'influencer ;*

» 4° *Deux rayons polarisés en sens contraires et ramenés ensuite à des polarisations analogues*, s'influencent comme les rayons naturels, *s'ils proviennent d'un faisceau primitivement polarisé dans un seul sens ;*

» 5° Dans les phénomènes d'interférence produits par les rayons qui ont éprouvé la double réfraction, la place des franges n'est pas déterminée uniquement par la différence des chemins et par celle des vitesses ; et dans quelques circonstances il faut tenir compte, de plus, d'une différence égale à une demi-ondulation. »

Ainsi, l'extinction mutuelle de deux rayons *polarisés dans un seul sens et issus d'un même rayon préalablement polarisé*, n'exige, comme celle de deux rayons naturels issus d'une même source, qu'une seule condition : une valeur particulière de la différence de marche, égale à un nombre impair de demi-longueurs d'onde, s'accompagne de l'opposition de signe des vitesses vibratoires. Au contraire, *deux rayons polarisés en sens contraires, issus d'un même rayon, présentant cette différence de marche qui, dans l'expérience précédente, amenait l'extinction*, refusent absolument de s'entre-détruire. Il y a donc entre eux une opposition, indépendante des chemins parcourus, qui empêche leur destruction mutuelle. Quelle peut-elle être dans l'hypothèse des ondes ? On encore : Qu'est-ce qu'un rayon polarisé dans cette hypothèse ? Que sont deux rayons polarisés en sens contraires ?

Fresnel comprit que ces questions resteraient à jamais sans réponse s'il on n'abandonnait les *vibrations lumineuses longitudinales*, pour leur substituer des *vibrations transversales*.

Les propriétés de ces deux genres de mouvements sont-elles donc si différentes que l'un puisse expliquer ce que l'autre ne peut atteindre ?

Imaginons un grillage formé de barreaux verticaux, laissant entre eux des espaces vides longs et étroits. C'est un assemblage à *propriétés dirigées* qui, de très loin, rappelle le cristal : la *transparence* n'y est pas la même, à certains égards, verticalement et horizontalement. En effet, si je marche vers ce grillage en

tenant en main, horizontalement, un bâton orienté dans le sens de la translation et que je fais osciller *longitudinalement*, le bâton pourra passer à travers les vides. Il passerait encore, dans les mêmes conditions, alors que le grillage aurait tourné d'un quart de cercle et que ses barreaux seraient devenus horizontaux. Au contraire, si je fais osciller le bâton, toujours horizontal, *transversalement*, dans le plan vertical par exemple, perpendiculairement à sa longueur et par suite à sa translation, il passera si les barreaux du grillage sont verticaux, il ne passera plus s'ils sont horizontaux.

La comparaison est grossière, mais l'imagination peut s'en aider et il est aisé d'en poursuivre l'application, en supposant le bâton aux mains de deux opérateurs le faisant osciller simultanément, en accord ou en désaccord, longitudinalement ou transversalement, dans le même plan ou dans deux plans perpendiculaires.

Bien mieux que dans une pareille image, Fresnel vit dans ses expériences sur l'interférence de la lumière polarisée, qu'il fallait renoncer à la théorie des ondes ou admettre que les vibrations lumineuses sont *transversales*. Dans la lumière *naturelle*, ces vibrations, toujours normales à la propagation, se feraient indifféremment dans toutes les directions. Dans la lumière polarisée, elles se fixeraient dans le même plan. Dans cette hypothèse, deux faisceaux de lumière sont *polarisés dans le même sens* quand leurs vibrations transversales se font dans des plans *parallèles* : ils sont *polarisés en sens contraires* quand elles se font dans des plans perpendiculaires. Ces vibrations transversales se composent et se décomposent, comme les forces, comme les vitesses, comme les vecteurs, suivant la règle du parallélogramme, et cet appareil mathématique, joint au principe des interférences, suffit à la tâche de tout expliquer.

C'est là une idée préconçue, sans doute, une vue de l'esprit que rien *à priori* ne justifie. Mais pour Fresnel, les expériences sont des preuves : il tire de sa conception toutes les conséquences qu'elle comporte ; il les soumet à l'expérience : elle les confirme, cela suffit à sa conviction personnelle, mais parviendra-t-il à la faire partager ?

La lumière n'est-elle donc pas *assimilable au son ?* L'éther qui la propage n'est-il pas un *fluide ?* Mais les ondes sonores sont longitudinales : elles s'accompagnent de condensation et de dilatation. La dynamique des fluides n'a plus de secret : ils résistent à toute variation de *volume* ; à la violence qu'on leur impose pour les en faire changer, ils répondent par une réaction élastique qui les rend aptes à propager de proche en proche, sous forme d'ondes longitudinales, alternativement condensées et dilatées, le trouble qu'on y a produit ; mais ils sont indifférents à un simple changement de figure : ils ne résistent pas, ou si peu, au simple glissement des couches voisines les unes sur les autres ; ils n'y répondent dès lors que par une réaction élastique insuffisante pour les rendre capables de propager des ondes *transversales* ne s'accompagnant pas de condensation et de dilatation.

L'opposition se dresse de toute part contre l'hypothèse nouvelle, et elle compte dans ses rangs les plus illustres : Laplace, Biot, Poisson. Votre conception est un rêve, disent-ils. — Rien n'y est chimérique, répond Fresnel. — Le bon sens la repousse. — Les observations la démontrent.— Et cela dure des années, et Fresnel reste seul de son avis.

Tout en reconnaissant la fécondité des vues du physicien français, Young se refuse à y voir autre chose qu'une analogie, un symbole qui satisfait l'imagination, mais violente la nature. Arago lui-même, le collaborateur de Fresnel, recule devant ces nouveau-

tés. Jamais, dit-il, il n'aura le courage de les publier. De fait, il signe, avec Fresnel, la première partie du mémoire où sont rapportées les expériences sur l'interférence des rayons polarisés, mais le nom seul de Fresnel paraît en tête de la seconde partie où est exposée leur interprétation. Peut-être se fût-il laissé convaincre ou, s'il l'était, se fût-il décidé à le dire, si l'opposition des plus éminents parmi ses collègues de l'Institut ne lui eût imposé une réserve opportune.

Poisson surtout s'obstine. Toutes ses objections ne sont certes pas sans valeur ; mais un bon nombre reposent sur une équivoque : c'est le nom de *fluide*, donné à l'éther, qui la crée. L'assimilation de la lumière au son n'est plus, aux yeux de Fresnel, qu'une comparaison que justifient certaines propriétés communes, dont la plus importante est le caractère de périodicité des deux phénomènes ; mais l'analogie reste à la surface et s'arrête en chemin. Quand il dit que l'éther est un *fluide*, il entend simplement par là que ce milieu n'oppose au mouvement des corps qui le traversent qu'une résistance infime ; il ne prétend rien préjuger sur le mode d'élasticité qui lui est propre. Pour Poisson, au contraire, il n'y a pas, il ne peut y avoir *fluide* et *fluide*. Si l'éther est un fluide, les équations de l'hydrodynamique lui sont applicables, et cela suffit pour que l'on ne puisse y supposer des vibrations transversales.

Fresnel s'attache à débrouiller la confusion, sans cesse renaissante. Requis de donner des preuves, il apporte des expériences. Tout en parant les coups de ses adversaires et en leur en portant, il travaille, certain du succès, au couronnement de son œuvre par l'étude de la constitution de l'éther et de ses rapports avec la matière : là se cachent pour lui les causes mécaniques réelles des phénomènes lumineux.

Les problèmes qu'il aborde dans cette dernière

partie de son œuvre, sont de ceux qui acceptent, dans leurs énoncés, des hypothèses très diverses, et se refusent aux solutions rigoureuses. Ils réclament pour imposer leurs résultats une sanction que l'expérience se refuse souvent à leur donner, mais qu'elle se plaît parfois à accorder aux suppositions fondamentales les plus disparates. S'ils sont dès lors impuissants à nous dévoiler le fond des choses, ils ouvrent par contre à la faculté d'invention et au génie mathématique un champ infini, où les successeurs de Fresnel sont entrés, préparés et guidés par ses travaux, et ont abouti à d'utiles synthèses.

Nous ne donnerons de ces recherches qu'un très rapide aperçu, restreint à quelques exemples qui suffiront à en faire saisir l'esprit et la portée.

La nature, a écrit Fresnel, ne recule pas devant les problèmes compliqués. — C'est pour cela précisément que la première nécessité qui s'impose au mathématicien qui aborde ces problèmes, est de les simplifier. S'inspirant du conseil qu'Horace donne aux poètes :

Sumite materiam vestris, qui scribitis, aequam Viribus,

ils taillent leur sujet aux dimensions de leur compas et le proportionnent aux ressources restreintes de l'analyse mathématique, choisissant eux-mêmes les données de leurs problèmes parmi celles qui les rendent abordables et que l'expérience tolère.

L'éther — comme la matière pondérable — est supposé *discontinu*, formé de molécules extrêmement nombreuses, séparées par des intervalles *très petits*, exerçant les unes sur les autres des actions mutuelles sensibles seulement à des distances *très courtes*, dont la plus grande s'appelle le rayon d'*activité moléculaire*.

On admet que sous l'action de ces forces, il existe un état d'équilibre stable du milieu et que, si l'on écarte

les molécules des positions qu'elles occupent dans cet état d'équilibre pour les abandonner à elles-mêmes, elles prennent, autour de leur position primitive, des mouvements d'oscillation *très petits*, le déplacement relatif de deux molécules très voisines restant lui-même *très petit*. Le « discontinu », le « très petit » et le « très court » simplifieront les calculs.

Pour tenir compte du fait expérimental de la transversalité des vibrations, on a le choix entre plusieurs hypothèses.

On supposera, par exemple, que l'éther est *absolument incompressible* ; mais on arrivera au même but en le supposant *infiniment compressible*. Fresnel, tour à tour, use de ces deux hypothèses inverses. La *réalité* ne peut évidemment lui en donner le droit : elle est l'une ou l'autre — ou autre chose — mais rien dans les faits à interpréter n'impose le choix et toutes deux enlèvent à l'éther ce qu'on prétend lui refuser, l'élasticité de compression : la première en niant que la compression y soit possible, la seconde en affirmant qu'elle ne réclame, pour se produire, nul effort et, par suite, ne donne naissance à nulle réaction élastique.

En revanche, on doue l'éther d'une élasticité de glissement énorme : si l'on ne peut toucher à son volume, ou si l'on peut le modifier impunément, on ne peut, sans qu'il oppose une résistance vincible mais très grande, le faire glisser d'une couche sur l'autre.

La matière pondérable nous offre l'exemple d'une élasticité analogue dans les *solides*, mais elle y est unie à l'élasticité de compression, dont on a dépouillé l'éther : le solide tient à la fois à son volume et à sa figure : il résiste à la compression et à la dilatation comme au glissement de ses parties les unes sur les autres : si on lui fait violence, dans l'un ou l'autre sens, il tend à se restaurer de lui-même en son état

primitif, et c'est ce qui le rend apte à vibrer longitudinalement et transversalement. Toutefois, entre ces deux genres d'élasticité pouvant coexister dans la matière pondérable, il n'y a pas de relation directe : l'une peut être très grande relativement à l'autre.

Ainsi, par son *élasticité*, qui doit être énorme pour se plier à l'énorme vitesse de propagation des ondes lumineuses, l'éther ressemble à un *solide* beaucoup plus rigide que l'acier et que l'on aurait rendu incompressible. Par sa *densité*, qui doit être infime pour n'opposer aucune résistance appréciable au mouvement des corps célestes, il ressemble à un *gaz* infiniment raréfié et que l'on aurait privé de sa compressibilité. Pareilles propriétés ne se présentent réunies dans aucune substance pondérable ; mais elles ne sont pas nécessairement contradictoires. Elles le seraient si l'éther était un *solide* tel que ceux que nous connaissons ; elles le seraient aussi s'il était un *gaz* semblable à nos gaz. Il n'est ni l'un ni l'autre ; s'il est moléculaire, il l'est dans un sens différent de celui de la matière pondérable et sa constitution, faite d'une rigidité extrême et d'une extrême ténuité, exigerait peut-être, pour y faire naître la résistance aux mouvements qui le sillonnent, que leurs vitesses fussent beaucoup plus grandes que les vitesses relativement faibles des corps célestes, ce qui amoindrirait l'énorme différence qui sépare ces vitesses de celle avec laquelle lui-même propage la lumière.

Sur le témoignage d'expériences négatives — que de récentes observations semblent contredire, mais sans porter gravement atteinte à cette hypothèse — on admet que l'éther libre, le milieu interstellaire, propage, avec la même vitesse dans toutes les directions, toutes les vibrations qui s'y produisent, quelles que soient leur fréquence, leur période, leur longueur d'onde, leur *couleur* par conséquent : il n'est point

dispersif. Comme pour la matière pondérable, on rattache cette vitesse V à l'élasticité e et à la densité d du milieu propagateur par la formule de Newton

$$V = \sqrt{\frac{e}{d}}.$$

L'élasticité et la densité seraient donc — c'est l'hypothèse la plus simple — identiques partout au sein de l'éther du vide, et la fréquence des vibrations qu'il transmet, leur période, leur longueur d'onde seraient sans effet sur la valeur de V.

En passant du vide dans un corps transparent, la lumière *se réfracte* et, si elle est composée, *se disperse :* la vitesse de propagation change donc, et la variation qu'elle subit dépend, pour chaque milieu, de la couleur de la lumière employée, de sa période ou de sa longueur d'onde. Arrêtons-nous d'abord à la réfraction.

Dans le système de l'émission, tel que Newton et ses disciples l'ont développé, le changement éprouvé par la vitesse V, en passant du vide dans le corps transparent, devait être une accélération. Les molécules lumineuses, abordant le corps réfringent en accès de facile transmission, en subissaient l'attraction et une accélération s'ensuivait. L'indice de réfraction du corps en expérience pour le rayon considéré, mesurait le rapport de la vitesse *accrue* V_1 à la vitesse primitive V.

$$n = \frac{V_1}{V}.$$

En effet, n est plus grand que 1, pour tous les milieux pondérables comparés au vide.

Dans la théorie des ondes, l'indice de réfraction n devient la mesure du rapport inverse,

$$n = \frac{V}{V_1}.$$

Il faut donc cette fois qu'en passant du vide dans les corps transparents, la vitesse V *diminue*, et d'autant plus que n est plus grand, c'est-à-dire que les milieux considérés sont plus réfringents.

Dans une expérience célèbre, Foucault a constaté que la lumière marche, en effet, *moins vite* dans l'eau que dans l'air, et l'eau est plus réfringente que l'air. Michelson a réalisé une expérience analogue en remplaçant l'eau par le sulfure de carbone : la lumière y marche *moins vite* que dans l'air et que dans l'eau, et le sulfure de carbone est plus réfringent que l'eau (1). L'expérience donne donc raison à la théorie des ondes. Qui voudrait revenir au système de l'émission, en adopter l'*idée essentielle* — la lumière est une forme de la matière — devrait donc en modifier les hypothèses subsidiaires de façon à la mettre d'accord avec ces données de l'expérience. Personne ne l'a tenté et — forçant la note — on s'est plu à proclamer que l'expérience de Foucault, non seulement donnait tort au système de l'émission tel que Newton l'a développé, ce qui est l'évidence même, mais condamnait sans appel *tout système* qui matérialiserait la lumière, ce qui n'est pas démontré. La remarque est sans portée pratique, car il y a mieux à faire que de chercher à

(1) Si l'on excepte l'aberration, les moyens dont on dispose pour mesurer la vitesse de la lumière : la méthode de Roemer, celles de la roue dentée de Fizeau et du miroir tournant de Foucault, nous font connaître immédiatement, non la vitesse V d'une onde lumineuse, mais celle d'un « train d'ondes », celui qui passe, par exemple, par les entredents de la roue de Fizeau au moment d'une éclipse. Quelle que soit, en effet, la vitesse de rotation de la roue, les périodes des vibrations lumineuses sont si courtes qu'un nombre immense d'ondes passe pendant le très court instant que la porte reste ouverte. C'est la vitesse V′ de ce « train d'ondes » que fournit l'expérience. Lord Rayleigh a montré que si $V' = V$ dans un milieu *non dispersif*, la différence positive $V - V'$ est d'autant plus grande que le milieu où cheminent ces ondes est plus dispersif. Dans l'expérience de Michelson sur le sulfure de carbone, milieu très dispersif, la différence $V - V'$ atteint une valeur telle qu'il faut, de ce chef, faire subir aux résultats expérimentaux une correction importante pour en tirer la valeur de V.

faire mentir l'opinion commune, c'est de s'y conformer et d'employer son temps à de plus utiles recherches.

Dans la théorie des ondes, c'est aux relations de la matière pondérable et de l'éther, ou aux modifications que subissent les propriétés de l'éther inclus dans les corps transparents, qu'il faut demander la raison de la diminution de la vitesse de propagation V.

Deux hypothèses simples, suggérées par la formule de Newton

$$V = \sqrt{\frac{e}{d}}$$

peuvent conduire à une théorie mathématique de la réfraction : l'éther engagé dans la matière peut être supposé *plus dense* que l'éther libre, son élasticité restant la même dans les deux cas ; ou bien on admettra que la densité restant la même dans le vide et dans tous les corps transparents, la présence de la matière pondérable a pour effet d'amoindrir équivalemment *les forces élastiques* du milieu propagateur.

La première hypothèse est celle que choisit Fresnel. En l'appliquant à l'étude de la double réfraction, il en tire cette conséquence : dans cette hypothèse, le plan appelé « *plan de polarisation* », dans le système de l'émission, est *perpendiculaire au plan des vibrations* de la lumière polarisée.

Neumann, d'autre part, adopte la seconde hypothèse, et il montre qu'elle entraîne cette conséquence également nécessaire : le *plan de polarisation* est alors parallèle au plan des vibrations de la lumière polarisée.

Fresnel croyait avoir fait, de son hypothèse, une vérité démontrée : il se trompait. Toutes deux sont également admissibles et aucun fait expérimental n'est venu jusqu'ici imposer entre elles un choix nécessaire.

La réfraction de la lumière composée s'accompagne

de la *dispersion* : l'indice de réfraction n varie, pour un corps donné, avec la longueur d'onde λ de la radiation employée. Quelle est la loi de cette variation ? Quelle est la formule mathématique qui l'exprime ? Les hypothèses sur les propriétés de l'éther que nous venons de rappeler ne suffisent pas à l'établir : il faut leur en adjoindre d'autres dont le choix, sans être arbitraire évidemment, est, dans une large mesure, indifférent : je veux dire que plusieurs voies, qui au départ se tournent le dos, conduisent au but. Le cas n'est pas exceptionnel, nous l'avons déjà rencontré, mais il convient d'y insister.

L'ordre d'exposition d'une théorie physique telle que celle de la dispersion, ne ressemble nullement à l'ordre d'invention.

Dans le premier, les hypothèses marchent en tête. D'où viennent-elles ? On les croirait tombées du ciel pour nous porter au terme. L'expérience n'intervient qu'au bout du chemin pour affirmer la fécondité — la vérité dit-on parfois — de ces hypothèses.

Dans l'ordre d'invention, au contraire, l'expérience ouvre la route à grand'peine, remue les faits, multiplie les mesures, accumule les renseignements d'où doivent sortir les hypothèses : et elle revient à la fin pour condamner ou justifier le choix qu'on a fait entre toutes celles qu'elle autorisait.

Pour construire une théorie mathématique de la dispersion, le physicien recueillera donc tout d'abord les résultats d'un très grand nombre d'expériences où l'on aura mesuré, pour différents milieux, les indices de réfraction, n, de radiations de diverses longueurs d'onde, λ, et il s'efforcera de découvrir les caractères généraux de ces données expérimentales, l'*allure* de la dépendance mutuelle, de la variation réciproque de n et de λ, dont il cherche la loi.

Plusieurs moyens s'offrent à lui pour l'aider à mener à bien ce travail de devin.

Il pourra, par exemple, représenter, par une suite nombreuse de points, une longue série de valeurs correspondantes de n et de λ, empruntées au tableau qu'il vient de dresser et appartenant à un même milieu. Par ces points, ou dans leur voisinage immédiat, il fera passer, d'un trait de plume, une courbe continue, image sensible, plus au moins fidèle, de la loi qu'il poursuit.

En des essais analogues, répétés pour d'autres milieux, il s'assurera que ces courbes figuratives peuvent être tracées de telle façon qu'elles aient un air de parenté manifeste.

L'allure générale commune de toutes ces courbes lui fournira d'utiles renseignements sur la forme de l'équation entre n et λ, propre à les représenter. S'il réussit à écrire cette équation, il y verra, avec raison, le type de la formule à laquelle son travail doit finalement aboutir : le hasard, en effet, eût dû le servir bien mal, dans le choix des valeurs particulières de n et de λ qui lui ont servi à construire ses courbes, si d'autres groupes de ces valeurs non utilisés, figurant au tableau des données expérimentales ou que l'observation pourrait y ajouter, ne donnaient des points voisins de ces courbes et, par suite, des valeurs approchées vérifiant leur équation générale.

Mais il ne lui suffit pas d'avoir condensé, en une formule empirique, les données multiples de l'expérience. Il prétend remonter plus haut, chercher dans les propriétés de l'éther auxquelles d'autres phénomènes lumineux ont été rattachés les raisons mécaniques de son équation. La question qu'il se pose est donc celle-ci : étant donnée la *solution* du problème, entrevue dans la formule empirique qui rattache la variation de n à celle de λ, quelles peuvent en être les *données*, choisies

parmi les propriétés dont on peut douer l'éther inclus dans la matière ?

C'est ainsi que Képler — sur un autre terrain — a utilisé les observations de la planète Mars, recueillies par Tycho Brahé, et que Newton s'est élevé, des lois cinématiques de Képler, au principe de l'attraction universelle qui en donne la synthèse dynamique. C'est ainsi encore que Le Verrier a mis en œuvre les observations d'Uranus et, des irrégularités de la marche de cette planète dans le ciel, est remonté jusqu'à leur cause, l'existence de Neptune. Mais les choses ne marchent pas toujours à cette belle allure.

Le choix des données mécaniques du problème que prétend résoudre le physicien, doit se faire entre un grand nombre qui s'offrent à son esprit, puisque lui-même crée les propriétés de l'éther et fixe ses relations avec la matière pondérable. Il suffit, pour justifier son choix, que celles qu'il groupera soient cohérentes entre elles et qu'elles conduisent au but. Or — la multiplicité des essais heureux le prouve — on y arrive de plus d'une façon.

Supposons qu'on ait réussi : les hypothèses choisies ont fourni une formule représentant bien les faits et se prêtant, avec succès, au contrôle d'expériences nouvelles, non pas toujours et dans chaque cas avec une exactitude absolue — ce serait trop demander, la rigueur ici est d'autre sorte qu'en géométrie — mais dans les limites des erreurs dont les mesures, sur lesquelles tout l'édifice repose, sont fatalement entachées. Que peut-on en conclure ? A coup sûr, que l'artisan de cette théorie est un habile mathématicien, un maître, dont l'œuvre savamment conduite et élégamment présentée servira de leçon et de modèle à de nombreuses générations d'étudiants. Il faut ajouter — et ceci vaut mieux encore — qu'il a rendu à la science un service excellent, non seulement en condensant les données

multiples d'expériences variées en une formule qui équivaut à leur ensemble, mais aussi en rattachant le phénomène de la dispersion aux mêmes principes auxquels ont été reliés d'autres phénomènes lumineux dont l'intime liaison est, à la fois, trop évidente pour qu'on puisse la méconnaître, et trop cachée pour qu'on puisse la préciser.

Mais il faut se garder de voir, dans le succès de cette entreprise, la preuve de la vérité des hypothèses qui en sont le point de départ : il est, si l'on veut, de cette vérité une condition nécessaire, il n'en est pas la raison suffisante : il permet de penser que ces hypothèses pourraient être la réalité, mais non qu'elles doivent l'être. L'analyse mathématique, en effet, se prête à toutes les suppositions cohérentes : elle n'exige pas pour rendre de très utiles services et résoudre les questions qu'on lui soumet, qu'on ait trouvé les vrais principes. Tantôt, un autre mathématicien non moins habile, abordant le même problème mais d'un autre biais, choisira d'autres hypothèses, incompatibles souvent avec les premières, et un égal succès couronnera son travail.

C'est ce qui est arrivé, entre d'autres cas, pour la dispersion : on a le choix entre plusieurs formules, pratiquement équivalentes, auxquelles ont conduit les suppositions les plus discordantes. Si l'on douait l'éther, à la fois, de toutes les propriétés que ces diverses théories lui prêtent tour à tour, sa densité et son élasticité seraient les mêmes et seraient différentes dans le vide et au sein de la matière pondérable : les rayons d'activité moléculaire y seraient et n'y seraient pas négligeables par rapport aux longueurs d'onde : les vibrations du corps pondérable laisseraient immobile et entraîneraient dans leur mouvement l'éther adjacent... Bref, l'éther serait un monstre de contradictions ; mais c'est nous qui le créons ce monstre en mélangeant des théories qui doivent rester distinctes, dont aucune dès

lors ne peut prétendre à la vérité qui est une. « L'optique est la partie la plus avancée de la Physique », écrit M. Poincaré ; rien n'est plus vrai, mais à la condition que ses théories mathématiques n'aient pas la prétention de nous révéler la véritable nature des choses.

Des diverses formules auxquelles aboutissent les théories de la dispersion, nous ne donnerons, à titre d'exemple, que celle de Cauchy

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}.$$

A, B et C sont des constantes qui dépendent du corps réfringent considéré et dont les valeurs sont déterminées expérimentalement.

Cette formule est très satisfaisante. Pour les radiations qui affectent notre œil, elle représente même les résultats de l'expérience avec une exactitude suffisante quand on la réduit à ses deux premiers termes.

Mais la charge de propager la lumière n'est pas la seule que l'on confie à l'éther.

En 1800, J.-W. Herschel signale ce fait important : dans la région du spectre située en deçà du rouge et que n'atteint aucune radiation visible, un thermomètre sensible indique une élévation de température, tout comme l'avaient déjà observé, dans le spectre visible, Landrini et Rochon.

Cette découverte fut le point de départ de multiples recherches portant d'abord sur les radiations solaires et étendues ensuite, surtout par Melloni, aux sources terrestres.

En 1835, des données expérimentales recueillies jusque-là, Ampère tire cette conclusion : les radiations calorifiques sont des radiations lumineuses invisibles pour nous. Toutes deux sont de même nature, se pro-

pagent sous forme d'ondes dans le même milieu, et ne diffèrent que par la longueur d'onde.

Cette conception d'Ampère, acceptée d'abord avec défiance, reçut plus tard sa consécration expérimentale définitive : Fizeau et Foucault ont réalisé l'*interférence* des radiations calorifiques ; Knoblauch la *diffraction* et la *double réfraction* de la chaleur ; Bérard la *polarisation calorifique*, etc. Les propriétés physiques des radiations calorifiques sont donc identiques à celles des radiations lumineuses. Il n'y a pas là deux modes différents de vibration, mais un seul : la période peut être trop longue pour que notre œil soit affecté, elle peut être assez courte pour que le sens du tact et celui de la vue soient à la fois impressionnés ; ce sont nos impressions qui les différencient.

A l'autre bout du spectre lumineux, des découvertes analogues nous ont appris l'existence de radiations *ultra-violettes* qui n'agissent ni sur la rétine ni sur le toucher, mais qui possèdent des propriétés chimiques très actives. C'est par la photographie surtout qu'on peut les atteindre et les étudier.

Les radiations lumineuses, depuis les environs du jaune jusqu'au violet, jouissent également de propriétés chimiques nettement marquées, et on fabrique des plaques photographiques sensibles à l'action des radiations lumineuses du jaune au rouge, et même aux radiations infra-rouges.

L'expérience a montré que les radiations chimiques ne sont pas réellement distinctes des radiations lumineuses et calorifiques. Si elles sont trop rapides pour impressionner la rétine et affecter le toucher, en revanche, elles se prêtent admirablement à la dissociation d'une molécule chimique en ses atomes composants.

L'éther lumineux est donc le milieu propagateur de toutes ces vibrations dont la fréquence, en chiffres ronds, va de 100 trillions à 1600 trillions à la seconde.

Lorsque Hittorf découvrit, en 1868, les *rayons cathodiques*, on vit renaître à leur sujet la lutte entre les systèmes de l'émission et des ondulations. Pour expliquer ces nouveaux rayons, en effet, quelques physiciens recoururent au mouvement vibratoire de l'éther, mouvement transversal, comme pour la lumière, ou mouvement longitudinal. D'autres y virent les trajectoires de particules matérielles électrisées lancées par la cathode. Cette fois, le système de l'émission triompha : tout le monde s'accorde aujourd'hui à accepter l'*hypothèse balistique* qui rend bien compte des phénomènes observés et dont les prévisions ont été jusqu'ici confirmées. Mais la discussion reste ouverte sur la nature, matérielle ou purement électrique, des particules cathodiques.

Il faut en dire autant des « rayons canaux » et des rayons des substances radio-actives : leur mécanisme est tout matériel ; ils n'ont de commun avec les ondes lumineuses, ni la structure, ni la périodicité, ni la vitesse de propagation. Ils relèvent de la théorie de l'émission.

Les objets bombardés par les rayons cathodiques, émettent à leur tour des radiations nouvelles, les *rayons X*, découverts par Röntgen en 1895. Leur vitesse de propagation paraît identique à celle de la lumière, ce qui rend invraisemblable, sinon inadmissible, l'hypothèse d'une émission matérielle. On y a donc vu de prime abord des vibrations à longueurs d'onde infimes, se rangeant très loin dans l'ultra-violet ; mais en serrant de près la vérification expérimentale de cette hypothèse, on s'est heurté à des difficultés et il a fallu lui enlever ce qu'elle a de trop précis. L'opinion généralement adoptée est celle qu'ont émise les physiciens anglais G. Stokes et J. J. Thomson : les rayons X, un peu comme les ondes indépendantes de l'optique d'Huygens, résulteraient d'une suite incohé-

rente de perturbations de durée très courte relativement à celle des vibrations lumineuses, de pulsations isolées se propageant au sein de l'éther *sans caractère périodique*. L'absence de *périodicité* entraîne celle de réflexion, de réfraction, de diffraction, de polarisation; or c'est précisément cet ensemble de propriétés négatives qui caractérisent les rayons Röntgen.

On le voit, le rôle confié à l'*éther lumineux* est très chargé. Nous montrerons qu'il s'alourdit encore et change d'aspect en étudiant l'*éther électromagnétique*. Mais sans attendre ce complément d'information, et pour en préparer l'exposition, il convient de résumer rapidement les pages qui précèdent et d'en tirer une conclusion.

L'observation a fait découvrir, entre les éléments de fait, directement observés et constatés, des phénomènes lumineux, des rapports constants que traduisent les *lois expérimentales*. On ne s'en est pas contenté.

La certitude que la nature est ordonnée et la conviction qu'elle est intelligible, ont invinciblement dirigé l'effort de la pensée vers une synthèse plus élevée : les *lois expérimentales* groupent les faits isolés; les théories rattacheront ces lois elles-mêmes à des principes communs.

Le recours aux hypothèses que ce travail a exigé n'a pas eu simplement pour but, dans la pensée de ceux qui s'y sont livrés, de « fixer les idées » en des symboles intuitifs auxquels ils n'auraient attribué aucune valeur réelle : ni même de permettre uniquement le développement de théories de groupement, éminemment utiles comme instruments de travail et de recherche; mais bien de chercher à deviner, à comprendre, à expliquer la nature, à atteindre la réalité même, à savoir enfin ce qu'est la lumière.

Ces hypothèses se sont modifiées et ces théories se

sont élargies sous la pression des faits expérimentaux et des découvertes réalisées en dehors d'elles. Si elles se sont prêtées à cette extension et ont embrassé des lois expérimentales de plus en plus nombreuses et de plus en plus complexes ; si elles ont puissamment aidé à découvrir entre tant de phénomènes divers des rapports très intimes ; si elles ont parfois précédé et guidé l'observation, en annonçant que tel phénomène particulier viendrait, dans telles circonstances, s'ajouter à d'autres du même genre déjà connus ; elles n'ont eu cependant aucune vertu, aucune valeur propre d'invention qui les eût rendues aptes à accroître le fonds même des vérités expérimentales.

C'est aux hypothèses mécaniques que les fondateurs de l'optique ont fait appel. C'est de là, pour eux, que devait surgir l'explication ultime des phénomènes ; et leur esprit n'était pas satisfait qu'il n'eût rencontré, dans cet ordre d'idées, une interprétation valable ou présentant des chances de le devenir.

Malgré leurs efforts pour rendre leurs théories aussi peu illogiques que possible, ils ont abouti à un éther Protée où pullulent les propriétés contradictoires : mais il n'est pas prouvé que la tâche de lever ces contradictions soit irréalisable. Fût-elle réalisée, qu'il ne s'ensuivrait nullement qu'on ait atteint la réalité.

D'autre part, ces contradictions n'empêchent pas la notion de l'éther de jouer un rôle capital et éminemment utile dans ces théories. Pour s'y prêter, elle évolue incessamment, au gré des applications qu'on en fait : il n'y a peut-être pas deux physiciens qui la conçoivent absolument de la même manière ; mais il n'importe : l'essentiel est qu'elle nous fournisse des images fidèles des phénomènes et de fécondes synthèses.

De cet immense labeur, une conquête précieuse, définitive s'est dégagée. Sous la multiple variété des phé-

nomènes lumineux, subsiste quelque chose dont la nature intime nous échappe, mais dont les propriétés se révèlent en une analogie profonde et réelle :

Entre la lumière et ce mode spécial de mouvement que nous appelons une ondulation transversale, il y a identité de caractères : *la lumière est un vecteur transversal périodiquement variable dans l'espace* — à chaque instant, le long du rayon — *et dans le temps* — en un même point au cours du temps.

Le contenu de vérité de cette formule est définitivement acquis. Il sort tout entier des *lois expérimentales* où il se trouve épars et dont cette formule est l'ultime synthèse. Les théories n'y ont rien ajouté, mais ce sont elles qui en ont recueilli et soudé les fragments, comme on extrait les pépites de leur gangue pour en former le lingot d'or pur, en construisant les hypothèses et en poussant à fond leur développement.

Ce qui est vrai des théories optiques, l'est, en général, des théories physiques : impuissantes à nous révéler la réalité en soi, elles nous la font voir *per speculum in ænigmate*, en une image fidèle où se reflète la vérité d'ensemble des faits expérimentaux. C'est tout ce qu'elles peuvent nous donner, mais c'est beaucoup.

J. Thirion, S. J.

TYRIENS ET CELTES EN ESPAGNE

L'exploitation des richesses minérales de l'Occident fut la grande source de la prospérité des Phéniciens et leur constante préoccupation. Aucune nation n'a été comme eux mêlée au développement des autres, car, véritables parasites, ils s'enrichissaient à leurs dépens. Dans l'histoire de leurs colonies se reflète donc celle des principaux peuples contemporains : aussi est-il du plus haut intérêt de la dégager des mystères qui l'enveloppent. La tradition nous prête pour cela un précieux appui, mais elle est impuissante à résoudre les grands problèmes qui nous préoccupent. Les trouvailles archéologiques à leur tour commencent à livrer de nombreux témoins de l'activité phénicienne, et nous permettent, avec le secours des données historiques, de reconstituer le tableau d'ensemble des relations entre la Phénicie et l'Occident.

Les lecteurs de cette Revue ont pu voir la tentative que j'ai faite pour reconstituer la période la plus ancienne de l'influence phénicienne dans l'Ouest européen, période que je fais remonter à la dernière phase de l'âge de la pierre. Depuis, les découvertes se sont multipliées, et j'ai cru pouvoir introduire une plus grande précision dans l'interprétation du rôle des Phéniciens : chaque fait nouveau en fait ressortir l'importance. De plus en plus nombreuses sont les preuves de leur commerce très étendu, qui avait comme objet principal l'exportation des métaux rares : l'étain

de l'Armorique, dont les îles étaient les Cassitérides, et l'argent de l'Espagne ou Tarshis, sans parler du cuivre, de l'ambre baltique, du jais britannique, de la turquoise occidentale, de l'œuf d'autruche, de l'ivoire d'éléphant et d'hippopotame, et des parfums de l'Orient. Les Phéniciens ne se limitaient pas à établir des colonies sur les côtes : ils avaient envahi pacifiquement l'intérieur du pays, du moins dans le Sud et l'Ouest de la Péninsule, et ils en étaient réellement les maîtres. Leur influence couvrit l'Occident de monuments funéraires, et y implanta profondément leurs idées religieuses.

Toute cette période correspond à l'hégémonie de Sidon ; elle prit fin, d'après mes calculs, vers le XIIe siècle, par suite de l'invasion de peuples venus du centre de l'Europe, et qui détruisirent le monopole commercial des Phéniciens.

La deuxième phase de l'activité phénicienne débute avec l'avènement de Tyr et finit lors de la destruction de celle-ci par Nabuchodonosor, de 587 à 574.

La troisième est celle de la suprématie de Carthage et se prolonge jusqu'à la domination romaine.

C'est de la seconde époque que je vais m'occuper : je tâcherai de déterminer aussi exactement que possible la nature et l'importance du rôle des Phéniciens en Espagne par les restes matériels qui marquent leur présence.

Lorsque Tyr reprit la direction des affaires, l'aspect de celles-ci avait bien changé : au lieu de populations ignorantes et paisibles, elle trouva en Occident une nation civilisée et guerrière ; au lieu d'amis et alliés, des ennemis et concurrents. La lutte par les armes était impossible : la Phénicie ne possédait pas d'armées et ne pouvait songer à se mesurer avec un semblable

adversaire : la possession du sol était irrémédiablement perdue. Pour comble de malheur, à en juger d'après certains textes anciens, les nouveaux maîtres du pays avaient des relations amicales avec les Grecs, rivaux irréconciliables des Phéniciens. Cette sympathie était naturelle : l'invasion du Nord avait atteint la Grèce aussi bien que l'Espagne ; après les temps de lutte, envahisseurs et indigènes s'étaient fondus en une seule race ; il y avait donc un certain degré de parenté entre les populations des deux péninsules, et de toute façon le Phénicien expulsé était l'ennemi commun. Les Grecs, qui aspiraient à faire la concurrence aux Phéniciens, profitèrent de la nouvelle situation et établirent des relations commerciales avec l'Occident.

Les Phéniciens cependant luttèrent avec le courage et l'opiniâtreté qui caractérisaient leur race. Leur marine restait supérieure à celle des Grecs, et si le monopole du commerce méditerranéen était perdu pour eux, ils réussirent à empêcher leurs rivaux de pénétrer dans l'Océan. Pour garder le détroit, les Tyriens fondèrent Gadir vers l'an 1100. D'après la tradition, le choix de l'emplacement avait été décidé après deux autres tentatives, abandonnées parce que les augures ne s'étaient pas montrés favorables ; cela signifie probablement qu'elles s'étaient heurtées à des obstacles, provenant sans doute des dispositions hostiles des habitants ; le manque d'îles le long de la côte méridionale rendait la solution du problème fort difficile.

On remarquera que le premier essai eut lieu dans la partie de la côte riche en mines d'argent et le second près des mines de cuivre, tandis que Gadir n'est pas dans le voisinage immédiat d'une région minière. Elle visait donc moins les richesses métalliques locales que, d'une façon générale, la route de l'Océan. C'était une position stratégique, la gardienne du détroit, en même temps qu'un entrepôt et une escale.

Cela prouve que les Phéniciens conservaient encore des relations de commerce avec certaines régions : ils y avaient probablement des alliés, et l'invasion n'avait pas nécessairement supprimé toute possibilité de concurrence, notamment pour l'étain des Cassitérides et les produits des régions insulaires. Les Grecs pouvaient arriver aux Cassitérides par les vallées du Rhône et de la Loire : à l'embouchure de celle-ci se trouvait, un peu avant l'époque romaine, une colonie grecque florissante, Corbilo ; ils pouvaient aussi, par l'Ebre, arriver aux régions stannifères de la Galice, où s'est perpétué également le souvenir d'établissements grecs, tout comme dans le voisinage des mines d'argent du Sud. Mais les routes terrestres de l'étain devaient malgré tout présenter de nombreux inconvénients, et la voie exclusivement maritime lui restait fort supérieure. Aussi les Phéniciens purent-ils continuer à faire concurrence aux Grecs, et l'étain de la Celtique est expressément signalé en première ligne parmi les produits qui enrichissaient Gadir.

Jamais les Phéniciens ne revirent une période de prospérité comme celle qui correspondit à l'hégémonie de Sidon : ce n'était plus possible à cause de la concurrence grecque et de la consommation locale de l'étain et de l'argent. Aussi, dès que l'usage de ces deux métaux se répand en Occident, nous ne trouvons plus aucune trace de l'influence orientale, aucun de ces objets de pacotille exotique qui marquaient la présence de colons phéniciens. Au lieu de cela, on constate une civilisation qui présente des rapports intimes avec celle du centre de l'Europe et des races celtiques, insensible aux attraits des raffinements de l'Orient, réfractaire à sa religion : si avec cela nous tenons compte des innombrables et très riches acropoles dont elle couvrit l'Espagne jusqu'au bord de la mer et dans les régions qui avaient été le plus exploitées par les Phéniciens, nous

pourrons affirmer qu'à cette époque, la Péninsule resta entièrement ou presqu'entièrement fermée à ceux-ci.

L'invasion des peuples du bronze en Espagne et leur mélange avec les indigènes après les luttes dont témoignent les nombreuses villes fortifiées, donnèrent nécessairement lieu à la formation d'une race mixte. L'histoire de son côté raconte que les Celtes envahirent l'Espagne, soutinrent de longues luttes avec les Ibères, et finirent par conclure avec eux une alliance dont sortit la nation des Celtibères.

Nous pouvons donc identifier les faits que révèlent les fouilles, avec ceux que rapporte l'histoire.

Je place les débuts de l'âge du bronze approximativement vers le XIIe siècle, dans la première partie de l'époque à laquelle on attribue l'hégémonie de Tyr. On vient de voir que pendant sa durée, l'influence orientale fut nulle en Espagne : parmi des milliers d'objets de toilette, à peine un peu d'ivoire pourrait-il lui être attribué. Cependant les Phéniciens n'avaient pas abandonné l'Occident ; la fondation de Gadir le prouve, et ils guettaient l'occasion de rentrer en Espagne. Nous allons les voir, pendant l'âge du fer, réaliser partiellement leur désir.

Entre les civilisations du bronze et du fer, il y a des différences très considérables, quoiqu'elles soient deux branches sorties d'un même tronc. La seconde, dans les districts miniers que j'ai explorés, ne possédait pas de villes fortifiées ; ses sépultures, au lieu d'être enfouies dans le sol des maisons sur des acropoles inexpugnables, bâties loin des voies de communication, se trouvent, comme au dernier âge de la pierre, sur des collines basses, dans les plaines, près des cours d'eau. L'apparition du fer correspond donc à une diminution sinon à la disparition des caractères belliqueux marquant l'arrivée du bronze. Faut-il pousser l'identification des faits historiques et archéologiques jusqu'à attribuer l'âge du

bronze tout entier à la période de luttes entre Ibères et Celtes, et admettre que leur alliance correspond à l'âge du fer ? Cela est possible, mais avec la seconde civilisation apparaît l'incinération, inconnue au bronze, et dans toutes les branches d'art et d'industrie il y a de grandes différences : cela prouve tout au moins l'existence d'un courant continu dont le point de départ était le centre de l'Europe : là aussi la civilisation progressait dans le même sens.

On trouve dans les sépultures de l'âge du fer les objets suivants :

Des urnes cinéraires avec leurs couvercles, en terre grise ou noire, lissées, et parfois décorées de dessins incisés : ornements et profils sont semblables à ceux des urnes du centre de l'Europe.

Des torques en bronze, simples anneaux lisses à bouts recourbés en crochet.

Des fibules serpentiniformes en bronze.

Des bracelets en bronze, ovales et à bouts ornés de lignes, ou ronds, à bouts terminés par des boutons.

Des boucles d'oreille et des bagues en bronze, parfois en argent. Des grains de collier en calcaire, cornaline, bronze, argent, or et verre bleu.

Quelques autres objets et des plaques minces en bronze avec rivets en fer.

Tous ces ornements, comme les urnes, appartiennent à la civilisation européenne du fer, surtout à celle de Hallstatt.

Quelquefois, dans ces mobiliers, on rencontre des poteries d'une forme différente, de couleur claire, plus fines et mieux cuites : ou bien, des perles en forme de petites rondelles, faites de quartz pilé et aggloméré, recouvert d'émail. Poteries et perles sont identiques à celles des nécropoles phéniciennes, tant en Espagne qu'à Carthage. D'une façon certaine, elles annoncent la proximité des Phéniciens. Malgré leur petit nombre,

elles sont d'autant plus décisives que les découvertes relatives au premier âge du fer sont elles-mêmes peu nombreuses tandis que celles du bronze, si abondantes et si riches, n'ont rien montré de semblable.

Nous constatons donc un commencement d'infiltration phénicienne, à l'époque de Tyr : mais l'élément indigène, celtibère, forme encore le fond principal de ces mobiliers.

Voici maintenant un groupe de sépultures, de véritables nécropoles, où nous retrouvons la même association, mais avec prédominance de l'élément tyrien.

Une première nécropole se trouve à Herrerias, à l'endroit des mines d'argent et à 3 kilomètres de la mer. Les tombes sont des fosses à incinération, contenant souvent des urnes : parmi celles-ci on trouve le type indigène, décrit plus haut, et d'autres de forme et de facture semblables à celles des Carthaginois, avec des bandes horizontales peintes, rouges et noires ; la céramique phénicienne est encore représentée par les lampes ouvertes, à deux becs. Les bijoux aussi se séparent en deux groupes : bracelets et ornements de collier indigènes à côté d'œufs d'autruche peints, de perles en or phéniciennes et d'un bijou d'argent, représentant le croissant de la lune avec le disque, symbole essentiellement phénicien.

Des nécropoles semblables ont été découvertes à l'autre extrémité de l'Espagne méridionale, à Carmona, près de Gadir ; M. G. Bonsor en a fouillé une partie et nous en a donné une bonne description : comme à Herrerias, on y voit les urnes de facture indigène et phénicienne les unes à côté des autres, et les bijoux des deux industries également mêlés.

Pour fixer approximativement la date de ces nécropoles mixtes, nous disposons des données suivantes :

Les lampes sont du type le plus ancien trouvé à Carthage, dans la nécropole de Douïmès, qui appartient au

VIIe et au VIe siècle. La forme ainsi que le travail d'orfèvrerie spécial du croissant en argent avec disque sont également caractéristiques de cette nécropole. Comme à Carthage on ne connaît presque rien qui soit antérieur au VIIe siècle, ces comparaisons fournissent la date la plus basse; les objets de ce genre pourraient être un peu plus anciens. M. Bonsor a trouvé des ivoires gravés dont il compare le style à ceux de Nimroud attribués aux Phéniciens de 850 à 700.

Les objets indigènes appartiennent, d'une façon générale, à la civilisation hallstattienne. D'après les classifications de Montelius, les fibules sont d'un type très ancien : elles sont presqu'identiques à d'autres du XIe ou Xe siècle ; mais des formes qui s'en rapprochent descendent jusqu'au VIe. Les dessins des urnes sont du même art que ceux des nécropoles du Nord de l'Italie, pré- ou protoétrusques; quelques-uns cependant ressemblent à d'autres attribués à l'âge de la Tène.

Nous n'arrivons pas à fixer une date précise, parce qu'il y a problablement des sépultures d'époques différentes ; mais le groupe des nécropoles à influence phénicienne dominante doit être compris entre le IXe et le VIe siècle.

Il me reste à parler d'une nécropole exclusivement tyrienne, sans aucun mélange d'éléments indigènes. Elle se trouve à Villaricos, près de la mer, à côté de l'ancienne Baria, colonie établie pour l'exploitation et l'exportation des richesses minières d'Herrerias.

J'y ai fouillé plus de 400 sépultures tyriennes, carthaginoises, romaines, visigothiques, byzantines et arabes.

Dans le groupe tyrien il y en a de deux sortes. Les plus pauvres sont des fosses à incinération avec lampes et œufs d'autruche peints, semblables à celles d'Herrerias et de Carmona. Les plus riches sont de grandes chambres taillées à ciel ouvert dans le flanc de la col-

line : elles étaient revêtues de maçonnerie faite de pierres cimentées par de la terre, et recouvertes de voûtes encorbellées : l'extérieur de la voûte devait former un monument dépassant le sol environnant ; du côté de la pente, une porte donnait sur une rampe d'accès. Tandis que les sépultures d'époque plus récente sont relativement bien conservées, celles du groupe riche qui nous occupe sont presque toutes démolies de fond en comble : il y en a dont pas une pierre n'est restée debout. Dans ces ruines on trouve des enterrements secondaires, de l'époque carthaginoise, pour lesquels on a utilisé des pierres provenant de la sépulture primitive.

Un de ces monuments anciens a souffert moins que les autres de cette dévastation barbare ; il mérite de nous arrêter un instant.

Reprenons les choses au moment où les Carthaginois arrivant dans le pays retrouvèrent le terrain bouleversé et l'emplacement des sépultures devenu méconnaissable. Un peu en contre-bas de celle qui nous occupe, ils ouvrirent une tranchée dans le but de construire une crypte souterraine comme il y en a plusieurs dans le voisinage ; au moment où ils arrivèrent sous la porte d'entrée du caveau tyrien, ils se rendirent compte de son existence et suspendirent aussitôt le travail de la tranchée, qui est restée interrompue ; ensuite ils déblayèrent respectueusement tout le monument, laissant les ruines des murs telles qu'elles étaient. Ils creusèrent alors plusieurs tombes nouvelles dans le sol de la chambre : une de ces fosses est au centre ; d'autres se trouvent exactement sur l'emplacement d'un mur détruit ; d'autres encore furent ouvertes latéralement dans les parois ; ces sépultures furent couvertes de terre, dans laquelle on continua à enterrer ; plusieurs squelettes étaient déposés sur les tronçons du mur primitif, à 1 mètre environ de hauteur. Tous ces détails

prouvent à l'évidence qu'il y eut deux phases d'utilisation du local, séparées par la démolition partielle de la sépulture et une période d'abandon. Dans une des parois s'ouvrait une porte conduisant à un petit appartement secondaire : la porte était soigneusement murée, et cette chambre avait échappé à la destruction. J'y ai retrouvé les cercueils en bois de cèdre dans lesquels les Tyriens avaient déposé leurs morts : avec les débris des squelettes se trouvèrent plusieurs boucles d'oreille en or, des perles de verre, argent, or, ambre, et corail, des amulettes égyptisantes en pâte, oudjas et Bès, des restes de coffrets en bois avec anses de bronze, des œufs d'autruche peints et quelques vases. Devant la porte, dans le sol de la grande chambre, une petite fosse contenait, avec les os incinérés d'un enfant, des perles et des amulettes comme les précédentes : je n'hésite pas à attribuer cette petite tombe aux Tyriens; dans des cas du même genre, le P. Delattre croit que ce sont les restes d'enfants sacrifiés à Moloch.

Entre les tombeaux tyriens et carthaginois il y a naturellement de grandes analogies, mais on constate aussi des différences. Les premiers ont dû être de vrais monuments avec des détails architecturaux soignés, ce que je n'ai pas constaté à l'époque suivante; chez les Tyriens il y a de l'ambre et du corail, qui manquent également chez les Carthaginois : il y a aussi des différences dans le style des amulettes.

Le principal intérêt de ces trouvailles réside, quelque paradoxal que cela paraisse, dans le pillage et la destruction systématique de la nécropole primitive. Cet événement, en effet, revêt des proportions et une importance telles, qu'on ne peut pas admettre qu'il ait eu lieu en présence des Phéniciens qui habitaient la ville et l'acropole voisines : il implique nécessairement un soulèvement des indigènes contre les colons, et l'expulsion de ceux-ci, c'est-à-dire que la dévasta-

tion de la nécropole n'est qu'un incident de la destruction de la colonie tout entière. L'abandon de celle-ci pendant un certain laps de temps est encore confirmé par ce fait que les seconds occupants de race phénicienne ignoraient l'emplacement des sépultures primitives ; outre les cas décrits plus haut, on trouve très fréquemment des tombes de la deuxième période coupant celles de la première.

Les constatations correspondent donc à un événement grave, dont il faut chercher la trace dans l'histoire. Or le VIe siècle, auquel appartiennent les types de lampes et de bijoux de la nécropole détruite, est marqué par la chute de Tyr, assiégée pendant treize années par Nabuchodonosor. Les désastres de la métropole entraînèrent la perte des colonies. Gadir même fut menacée, sinon prise par l'ennemi ; mais Carthage, dont la prospérité avait grandi considérablement, vint à son secours ; elle refoula les indigènes et rebâtit les colonies détruites. Ce sont bien là les péripéties que les découvertes font repasser devant nos yeux.

Lors de sa destruction, la colonie de Baria possédait une nécropole importante, et un établissement minier près des gisements d'argent. Cette organisation est l'œuvre du temps, d'une période de prospérité : il faut donc reporter assez loin en arrière les débuts de la colonie : une couple de siècles me semble un minimum : cela nous mène à l'an 800, et je crois qu'on peut fixer, à un siècle près, à l'an 900 les premiers débarquements des Tyriens et la fondation de Baria.

Quoique j'aie décrit les sépultures de l'âge du fer dans un ordre méthodique montrant une progression dans la prépondérance phénicienne, il ne faut cependant pas croire à une sériation chronologique. Les deux civilisations, celtique et tyrienne, avaient leur déve-

loppement propre, indépendant, et se pénétraient à des degrés divers : la proportion des éléments tyriens, très forte dans le voisinage des centres d'exploitation des étrangers, diminuait rapidement à mesure qu'on s'en éloignait. Il n'y avait pas non plus mélange de races au sens strict du mot, et les relations entre colons et indigènes n'étaient probablement pas très amicales. C'est ainsi qu'on s'explique facilement que, aussitôt apportée par les navires, la nouvelle du siège de Tyr provoqua un soulèvement général qui entraîna la ruine des colonies.

RÉSUMÉ

La première possession de l'Espagne par les Phéniciens, celle qui donna lieu aux récits et aux légendes sur ses richesses et la beauté de son climat, jusqu'à en faire le séjour des bienheureux, correspond à l'hégémonie de Sidon et au dernier âge de la pierre, du XVIe au XIIe siècle. Elle prit fin par l'invasion de peuples venus du centre de l'Europe. Les regrets que causa la perte d'une si belle colonie, durent contribuer à envelopper le souvenir de cette première possession d'une atmosphère de mystère, origine de légendes et de mythes.

Pendant l'hégémonie de Tyr, approximativement de 1100 à 600, les Phéniciens ne furent plus jamais maîtres de l'Espagne. Au début, ils ne possédaient que le comptoir de Gadir, situé sur une île, tandis que l'intérieur de la Péninsule appartenait aux envahisseurs qui avaient introduit la civilisation du bronze.

Dans la suite, ils établirent des colonies le long de la côte : leur influence ne pénétrait pas loin à l'intérieur ; celui-ci était occupé par la race celtibère, mélange des

indigènes et de leurs conquérants et dont la civilisation était celle du centre de l'Europe à l'âge du fer.

Lors du siège de Tyr par Nabuchodonosor, les Celtibères se soulevèrent et expulsèrent les colons.

Ensuite Carthage reprit la colonisation de l'Espagne avec plus de vigueur et parvint à la reconquérir grâce à ses armées de mercenaires.

L. Siret.

LES FEMMES DANS LA SCIENCE[1]

J'ai pour mission de vous dire la part qu'à diverses époques les femmes ont prise au mouvement scientifique.

Il ne peut être ici question de faire, même en raccourci, l'histoire de toutes les femmes de science. Un patient chercheur, de son vivant professeur de mathématiques, M. Rebière, s'est efforcé d'en réunir les éléments sous forme d'une sorte de dictionnaire biographique (2) qui m'a servi de guide pour la préparation de cette conférence.

Je me bornerai, pour ma part, à évoquer quelques figures qui m'ont semblé particulièrement représentatives, et seulement — est-il besoin de le dire ? — parmi celles qui ont disparu de ce monde.

J'ai pensé par ailleurs que devant un auditoire dont la curiosité intellectuelle est si vive et le sens critique si aiguisé, je ne pouvais, en conscience, laisser dans l'ombre cette question si souvent débattue : les femmes sont-elles, en général, aussi douées que les hommes pour l'étude des sciences, et, dans ce cas, est-il souhaitable qu'elles s'en occupent et dans quelle mesure ?

Cette question — je ne vous le cacherai pas — cette question ne laisse pas de m'inspirer une certaine

(1) Conférence faite le 30 novembre 1908 à l'Université des Annales de Paris, établissement d'enseignement supérieur pour les jeunes filles.

(2) *Les femmes dans la science*, par A. Rebière, 2e édition, à Paris, chez Vuibert et Nony ; 1897.

inquiétude ! Sur un terrain depuis si longtemps livré à la controverse, une controverse souvent passionnée, on ne peut guère s'aventurer sans risque. Trouver des formules qui soient de nature à contenter tout le monde est un problème, hélas, bien difficile à résoudre, surtout pour un mathématicien que les implacables déductions de la logique géométrique ont mal instruit des subtils détours par où se peut insinuer l'expression purement littéraire de la pensée.

En une telle occurrence, le moyen de m'exposer le moins possible m'a encore paru de laisser la parole à des penseurs connus, de l'un et l'autre sexe, pour essayer de dégager ensuite quelque conclusion d'ensemble de leurs dires.

Il nous faut, avant tout, établir, parmi les gens de science, une distinction fondamentale entre ceux qui contribuent à faire la science, qui sont les savants proprement dits, et ceux qui se bornent à la posséder, à qui il conviendrait de réserver la qualification d'érudit.

Or, c'est dans cette catégorie des érudits qu'en immense majorité viennent se ranger les femmes connues pour s'être occupées de science et à qui, pourtant, l'usage a le plus souvent concédé le titre de *femme savante*.

C'est, en réalité, à ces érudites que pensait Voltaire lorsqu'il a dit : « On a vu des femmes très savantes, comme il en fut de guerrières, mais il n'y en eut jamais d'inventrices. » Propos qu'il ne faudrait d'ailleurs pas prendre au pied de la lettre.

Dans tous les temps, donc, on a connu des érudites. Les écoles de philosophie de l'antiquité, qui en étaient en même temps les écoles de science, ont, parmi leurs disciples, compté nombre de femmes : les noms de quelques-unes d'entre elles sont même parvenus

jusqu'à nous. La galerie de M. Rebière en contient une soixantaine. Mais ce sont plutôt là des figures légendaires qui ne sauraient, faute de temps, retenir notre attention. Arrivons tout de suite aux temps modernes.

Dès le XVIe siècle, le goût des choses de l'esprit s'accuse chez les femmes. C'est le temps où la fille de Louis XII, Renée de France, Duchesse de Ferrare, faisait de l'étude de la philosophie, de la géométrie et de l'astronomie son passe-temps favori, ou la sœur de François Ier, Marguerite d'Angoulême, reine de Navarre, possédée par ailleurs de l'amour des belles-lettres, suivait les leçons d'un maître de géométrie, où Catherine de Parthenay, Princesse de Rohan-Soubise, servait, en quelque sorte, de confidente mathématique à Viète, le créateur de l'algèbre moderne.

Au XVIIe siècle, la haute culture se répand assez parmi les femmes pour donner naissance au type classique de la femme savante si impitoyablement ridiculisé par Molière et par Boileau.

Mais nos deux grands satiriques s'attaquent avant tout à la femme qui, ayant plus ou moins mal digéré une foule de connaissances disparates, a la faiblesse d'en faire étalage à tout propos et même hors de propos. C'est, en réalité, moins la science qui se trouve atteinte par leurs sarcasmes que le pédantisme, si peu sympathique déjà chez l'homme, plus déplaisant encore chez la femme. « Une femme savante, a dit Jules Simon, n'est pas une femme qui sait mais une femme qui fait parade de sa science. »

Il convient d'ajouter que plusieurs de celles à qui la malignité publique décochait ce titre de femme savante en y mêlant, injustement peut-être, un grain d'ironie, ont su riposter, et non sans malice, aux railleries dont elles étaient l'objet. Une des plus célèbres, Mme de la

Sablière, l'amie et la protectrice de la Fontaine, s'est spirituellement vengée de Boileau en le convainquant très congrûment d'ignorance. Notre poète l'ayant, en effet, visée dans ces deux vers :

> Que l'astrolabe en main, une autre aille chercher
> Si le Soleil est fixe ou tourne sur son axe...

elle lui fit observer que la fixité du Soleil dans l'espace et sa rotation sur lui-même ne font point l'objet de deux opinions contraires, comme il semblait le dire dans ses vers, et qu'au reste un astrolabe n'était d'aucune utilité pour décider de leur vérité ; en quoi elle avait parfaitement raison. Et, ce jour-là, une fois par hasard, les rieurs, parmi les gens instruits, ne furent pas du côté de Boileau.

Une autre défense, plus touchante, s'est trouvée sous la plume d'une Hollandaise mariée à un Français, Mme de Charrière, qui, n'ayant pas craint de faire cet aveu : « Une heure ou deux de mathématiques me rendent l'esprit libre et le cœur plus gai ; il me semble que j'en dors et mange mieux... », ajoute : « On trouve mauvais que je veuille savoir plus que la plupart des femmes, et on ne sait pas que, très sujette à une noire mélancolie, je n'ai de santé, ni pour ainsi dire de vie, qu'au moyen d'une occupation d'esprit continuelle. Je suis bien éloignée de croire que beaucoup de science rende une femme plus estimable, mais je ne puis me passer d'apprendre... »

Cette passion de savoir continuait d'ailleurs à être partagée par des têtes couronnées. Est-il besoin de rappeler que Descartes et Leibniz purent compter parmi leurs disciples directs de très illustres princesses : Christine, reine de Suède, et Élisabeth de Bohême, princesse palatine, pour le premier ; Sophie, électrice de Hanovre, et sa fille Sophie-Charlotte, reine de Prusse et mère du grand Frédéric, pour le

second ? Cette reine Sophie-Charlotte était, au reste, la nièce d'Élisabeth de Bohême qui en avait fait son élève.

Une autre princesse allemande, Caroline de Brandebourg-Anspach, fit le voyage de Londres pour porter le tribut de son admiration à Newton dont elle avait été capable de suivre les prestigieuses découvertes, et son enthousiasme pour l'illustre auteur des *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* lui arrachait ce cri : « Je rends grâces au ciel d'être née dans le siècle que votre génie immortalisera... »

Au XVIIIe siècle, l'entraînement des femmes vers les études scientifiques prit les proportions d'une véritable mode. Des gravures de l'époque nous montrent d'élégantes mondaines poudrées à frimas, empressées à suivre les démonstrations que leur fait un savant à l'air grave, tout de noir habillé. C'est la Duchesse d'Aiguillon, c'est la Duchesse de Richelieu, ce sont maintes autres femmes de la Cour et de la Ville à qui Maupertuis enseigne la géométrie et Clairaut les principes de la mécanique newtonienne. C'est pour elles que Fontenelle écrivait ses *Entretiens sur la pluralité des mondes* et Euler ses *Lettres à une princesse d'Allemagne* (la Princesse d'Anhalt-Dessau).

Il ne semble pas, au surplus, que cet attrait des femmes vers la science ait suivi la même progression que le développement de la science elle-même. Peut-être se sont-elles lassées à la suivre ? Toujours est-il qu'au XIXe siècle la curiosité intellectuelle du beau sexe a semblé se porter plus volontiers sur d'autres objets. Mais le XXe siècle va peut-être apporter un renouveau à cet égard.

Jetons maintenant un regard, si vous le voulez bien, du côté des femmes dont l'effort personnel a marqué dans l'histoire de la science.

Et tout d'abord, observons que, sans cesser pour cela d'être personnel, cet effort a pu s'associer à ceux d'autres travailleurs en vue d'une fin commune. Pour élever le magnifique édifice, gloire de l'esprit humain, dont les grands savants sont les architectes, il faut avant tout en accumuler les matériaux. Cette besogne, pour être longue, patiente et souvent obscure, n'en a pas moins droit à toute notre estime. Sans les longues années de monotones observations de Tycho Brahé, Képler n'aurait pas pu formuler les trois admirables lois d'où Newton, par un éclair de génie, a su faire jaillir le principe unique de la gravitation universelle.

Ces besognes préparatoires, qui consistent dans des observations, des mesures ou des calculs, il n'est pas rare de voir des femmes en assumer la charge avec un zèle et une abnégation qui méritent toute notre reconnaissance. Il est à noter, d'ailleurs, que c'est dans le domaine de l'astronomie qu'on en trouve les exemples les plus frappants.

Le type de ces excellentes auxiliaires de la science nous est fourni par Caroline Herschel, la sœur du grand astronome.

William Herschel et sa sœur Caroline, nés tous deux à Hanovre, l'un en 1738, l'autre en 1750, vinrent en Angleterre en 1772 pour s'y engager comme musiciens. Je n'ai malheureusement pas le temps de vous narrer les circonstances qui, d'organiste qu'il était d'abord, transformèrent Herschel en astronome. Toujours est-il que sa sœur, toute pénétrée d'admiration pour cet aîné dont elle pressentait le génie, s'associa sans réserve à son évolution et devint son aide inlassable dans les gigantesques travaux qui devaient fonder sa renommée. Elle-même, au reste, quoique s'appliquant à laisser absorber son propre mérite dans la gloire de son frère, se distingua par d'importantes contributions personnelles à sa science de prédilection.

Elle a notamment découvert sept comètes. Titulaire de la médaille d'or de la Société astronomique de Londres, pensionnée par le roi Georges III, Caroline Herschel, après la mort de son frère survenue en 1822, revint dans son pays natal où elle vécut encore plus d'un quart de siècle, car elle ne mourut, quasi centenaire, qu'en 1848, donnant par anticipation, du côté des femmes de science, une sorte de pendant à notre Chevreul.

D'autres femmes se sont également distinguées dans les observations astronomiques. Pour m'en tenir toujours à celles qui ne sont plus, je vous citerai : Sophie Brahé, la sœur et la collaboratrice de Tycho ; Mme Lind qui, elle aussi, servit d'aide à William Herschel, et dont le nom reste attaché à la découverte des volcans de la lune ; Catherine Scarpellini et Mme Rümker, assistantes l'une de son oncle, l'autre de son mari, et qui découvrirent chacune une comète ; Miss Maria Mitchell, une quakeress de l'île de Nantucket, morte en 1889, à qui ses travaux hautement estimés avaient valu l'insigne honneur d'être appelée à diriger un observatoire, celui de Lynn, dans le Massachussets.

Les bonnes traditions ne se perdent pas. Nombre d'observatoires comptent encore aujourd'hui des aides féminins. Si vous aviez quelque jour la curiosité de visiter notre observatoire de Paris, faites-vous conduire au bureau de la carte photographique du ciel. Vous verrez que la délicate mission qui consiste à relever sur les clichés les mesures micrométriques y est confiée à une équipe féminine.

Une autre besogne accessoire, indispensable et souvent fort pénible, de l'astronomie est celle des calculs. Là encore, des femmes ont apporté à la science le concours le plus désintéressé et le plus précieux. Nulle ne l'a fait de façon plus méritoire que Mme Lepaute, mariée au célèbre horloger de Louis XV,

et dont les talents comme calculatrice ont été vantés par Lalande et par Clairaut. Celui-ci — disons-le en passant — s'est montré certain jour bien ingrat envers elle qui avait accepté d'effectuer les laborieux calculs que comportait l'application de sa méthode, à lui Clairaut, pour la prédiction du retour de la comète attendue en 1759. Dans le livre où il utilisait cet immense travail de Mme Lepaute, Clairaut eut la faiblesse de n'en pas nommer l'auteur « par complaisance, nous dit Lalande, pour une femme jalouse du mérite de Mme Lepaute, et qui avait des prétentions sans aucune espèce de connaissance. Elle parvint à faire commettre cette injustice à un savant judicieux, mais faible, qu'elle avait subjugué. »

A côté de Mme Lepaute, il serait injuste de ne pas nommer quelques autres femmes qui se sont hautement distinguées dans le calcul des tables astronomiques et notamment la nièce par alliance de Lalande lui-même, Mme Lefrançais de Lalande, puis Mme du Pierry, au XVIIIe siècle, Janet Taylor, au XIXe, enfin Mme Yvon Villarceau, la femme du célèbre astronome. En tête d'un de ses plus beaux mémoires, celui-ci déclare lui devoir non seulement plusieurs applications numériques de ses formules, mais encore la vérification de leur exactitude analytique.

Cette collaboration active et dévouée des femmes au progrès de la science peut, au reste, prendre des formes variées, et même non pas seulement scientifiques au sens strict du mot. C'est ainsi, notamment, pour me borner à un illustre exemple, que Mme Lavoisier est venue en aide à son génial époux en traduisant pour lui les mémoires rédigés en anglais qu'il voulait consulter, en tenant les registres de son laboratoire, en gravant les planches de son *Traité de chimie*.

Par contre, on a pu, en ces dernières années, admirer l'étroite collaboration de tel éminent physicien

et de sa femme, dont, sur le terrain de la science, les mérites se sont confondus au point que l'estime des savants ne fait pas entre eux de partage... Mais je ne dois pas oublier que, parmi les femmes de science, je me suis imposé la règle de ne nommer que celles qui ne sont plus.

Me voici amené à vous parler maintenant des femmes dont l'effort scientifique s'est affirmé sous une forme strictement personnelle.

En tête de cette théorie de savantes apparaît, dans les brumes de la légende, la figure d'Hypathie, fille du mathématicien Théon, qui vivait à Alexandrie au IVe siècle de notre ère. Après être allée suivre à Athènes l'enseignement de Plutarque le jeune et de sa fille Asclépigénie, elle revint dans sa patrie pour y professer publiquement, elle-même, les mathématiques et la philosophie.

A-t-elle réellement fait quelque découverte scientifique ? A la vérité, nous n'en savons rien. Ses œuvres écrites ne sont pas parvenues jusqu'à nous. On lui attribue l'invention de quelques instruments de physique : mais cette attribution est elle-même assez problématique.

Cependant, elle a été célébrée par ses contemporains avec un tel lyrisme que nous sommes bien forcés d'admettre qu'elle a fait preuve d'une réelle supériorité. Ils ont, d'ailleurs, vanté sa beauté, son éloquence et sa sagesse non moins que ses hautes capacités scientifiques.

Un de ses disciples les plus fervents, Synésius, devenu chrétien et évêque de Ptolémaïs, disait d'elle : « Elle est sainte et chère à la divinité. »

Tant de séduction, hélas, ne devait pas la soustraire à une horrible fin. Au cours d'un soulèvement populaire provoqué par les luttes religieuses qui déchiraient

alors Alexandrie, la malheureuse fut arrachée de son char, traînée par une foule furieuse dans la Césarée, dépouillée de ses vêtements et tuée à coups de pierres. On ne saurait flétrir avec trop d'indignation ce crime abominable. Il faut toutefois reconnaître qu'il n'a pas peu contribué à faire revivre dans la mémoire des hommes la figure de la mathématicienne d'Alexandrie.

Mais, pour trouver des femmes ayant apporté une contribution appréciable à l'édification de la science telle que nous l'envisageons aujourd'hui, il nous faut arriver au XVIIIe siècle.

Là, nous sommes tout d'abord arrêtés par l'intéressante figure d'Émilie de Breteuil, marquise du Châtelet, qui vécut de 1706 à 1749, et fut non moins célèbre comme savante que comme amie de Voltaire, ce Voltaire dont — s'il faut croire Mme de Graffigny — elle avait tourné la tête « avec de la géométrie » ; moyen de séduction assez peu banal, il faut en convenir.

L'illustre écrivain, vous le savez, se piquait de n'être étranger à aucune des branches d'activité de la pensée humaine : il se mit même, un beau jour, en tête de rivaliser sur le terrain de la science, avec la marquise. Mais ses essais en ce genre ne sauraient rien ajouter à sa gloire et ne lui ont rapporté que cette boutade de Clairaut : « Laissez les sciences à ceux qui ne peuvent pas être poètes. »

Sur ce terrain, Mme du Châtelet a eu, par rapport à lui, un avantage marqué sans pourtant s'élever jusqu'au rang de telles autres savantes dont je vous entretiendrai par la suite.

Douée d'une prompte et vive intelligence, elle avait su tirer fort bon parti des leçons de Maupertuis et de Clairaut, mais on ne peut guère dire que ses travaux fassent la preuve d'une réelle originalité. Celle de ses œuvres qui la recommande le plus à l'estime de la

postérité est sa traduction des *Principes* de Newton, traduction libre, d'ailleurs, et non servile, adaptation plutôt, intelligemment faite, et qui peut compter pour une œuvre de science.

Liée comme elle l'était avec Voltaire et occupant à un si haut point le monde de sa personnalité, il n'est pas étonnant que Mme du Châtelet ait été très diversement jugée par ses contemporains dont certains lui attribuent un véritable génie, alors que d'autres ne voient en elle que le simple reflet des hommes distingués dont elle avait su s'entourer. La vérité est bien probablement entre les deux opinions.

Il n'est pas jusqu'à son physique, loué par les uns, qui n'ait fait les frais de la malignité des autres. Ecoutez plutôt cette bonne langue de Mme de Graffigny :

« C'était un colosse en toutes proportions ; c'était une merveille de force ainsi qu'un prodige de gaucherie ; elle avait des pieds terribles et des mains formidables ; elle avait la peau comme une râpe à muscade ; enfin la belle Émilie n'était qu'un vilain cent-suisse. »

Les images que nous connaisons de la marquise, même en faisant la part de la flatterie de l'artiste, nous incitent du reste à croire que ce portrait se distingue plutôt par sa méchanceté que par son exactitude. A supposer même que les traits d'Emilie eussent pu n'être pas d'une grande beauté, ils devaient s'éclairer de la flamme intérieure qui animait cette belle intelligence et — Mme de Graffigny aura beau dire — nous ne nous figurerons jamais la grande amie de Voltaire avec la figure d'un épais troupier de la garde suisse.

Combien différente de la brillante marquise nous apparaît la douce et simple Marie Agnesi !

Née en 1718, à Milan, d'un père noble qui, marié trois fois, avait eu vingt-trois enfants, Marie Agnesi avait, dès son plus jeune âge, fait montre des dons les

plus brillants de l'esprit. Très fier de cette enfant si précoce, et ayant lui-même le goût des sciences, son père ne se fit pas faute de mettre en relief les talents de Marie, alors qu'elle-même, douée de la plus parfaite modestie, n'aurait eu garde de s'en prévaloir, ainsi qu'elle en a fourni la preuve par la suite.

Le président de Brosses, qui eut l'occasion de la voir à Milan, alors qu'elle n'avait encore que dix-huit ans, nous a, dans une de ses lettres, laissé de cette entrevue un récit des plus piquants.

Introduit « dans un bel et grand appartement » où la jeune Agnesi siégeait, à côté d'une de ses petites sœurs, au milieu d'une trentaine de personnes « de toutes les nations de l'Europe », de Brosses fut, à son tour, invité à disserter avec la jeune fille sur un sujet quelconque de philosophie ou de mathématiques, mais en latin afin d' « être compris de tout le monde ». En ce temps-là, le besoin de l'esperanto ne se faisait pas encore sentir.

« J'ai été fort stupéfait, dit-il, de voir qu'il me fallait haranguer impromptu et parler dans une langue dont j'ai si peu usage. Cependant, vaille que vaille, je lui ai fait un beau compliment :... » Et il entreprit la jeune savante sur diverses questions empruntées à la philosophie et à l'optique ; un autre assistant disserta avec elle sur les propriétés de certaines courbes géométriques. Et le narrateur fut émerveillé de ses réponses. « Elle a, dit-il, parlé comme un ange... »

L'œuvre capitale de Marie Agnesi est la publication, en 1748, de ses *Institutions analytiques* qui ont contribué à donner définitivement la forme didactique aux principes de l'analyse infinitésimale, alors presque encore dans l'enfance. Le rapporteur chargé de présenter le livre à l'Académie des sciences de Paris put dire : « Nous le regardons comme le traité le plus complet et le mieux fait qu'on ait en ce genre ».

De la part du pape Benoît XIV, qui portait aux sciences un vif intérêt, il valut à son auteur, outre divers objets précieux, une chaire de mathématiques à l'Université de Bologne.

Mais Marie Agnesi qui, tant que son père vécut, s'appliqua, pour lui complaire, à cultiver les dons éminents qu'elle avait reçus en naissant, s'empressa, dès qu'il fut mort, de renoncer à la science pour se consacrer tout entière au service des malades et des pauvres. Entrée dans l'ordre assez rigoureux des religieuses dites Célestes ou Turquines, à cause de la couleur de leur robe, elle devint supérieure de l'hôpital Trivulzi où elle mourut en 1799, à l'âge de 81 ans.

Après la croyante, voici venir la rationaliste. Née à Paris, en 1776, dans la rue St-Denis, où son père exerçait la profession d'orfèvre, à l'enseigne du *Cabat d'or* (en attendant qu'il devînt membre de la Constituante et l'un des directeurs de la Banque de France), Sophie Germain manifesta également, dès son plus jeune âge, un vif penchant pour les mathématiques. Vers sa vingtième année, sous le nom supposé de Le Blanc, élève de l'École Polytechnique, elle correspondit, sur la théorie des nombres, avec l'illustre Gauss qui ne devait que quelques années plus tard, et par suite d'une circonstance toute fortuite, être édifié sur la véritable personnalité de son correspondant.

Pendant la campagne d'Iéna, Sophie Germain, se remémorant la fin tragique d'Archimède, tué par un soldat romain lors de la prise de Syracuse, écrivit naïvement au général Pernetti, ami de sa famille, pour mettre le grand mathématicien de Brunswick à l'abri d'un sort aussi funeste. Le général s'empressa d'envoyer à Gauss l'assurance qu'il n'avait rien à redouter, en lui faisant connaître l'intervention qui s'était produite en sa faveur. Et comme Gauss, en remerciant, avouait ne pas connaître le nom de sa

protectrice, il en reçut une lettre qui se terminait ainsi : « ... Je ne vous suis pas aussi parfaitement inconnue que vous le croyez. Craignant le ridicule attaché au titre de femme savante, j'ai autrefois emprunté le nom de M. Le Blanc pour vous écrire et vous communiquer des notes qui, sans doute, ne méritaient pas l'indulgence avec laquelle vous avez bien voulu y répondre.

» J'espère que la singularité dont je vous fais aujourd'hui l'aveu ne me privera pas de l'honneur que vous m'avez accordé sous un nom emprunté... »

En dehors des théories purement abstraites qu'elle a cultivées à la suite de Gauss, Sophie Germain a encore apporté sa contribution à la science, alors nouvelle, qui porte le nom de physique mathématique ; et c'est précisément pour un travail de ce genre qu'elle a, en 1815, remporté, à l'Académie des sciences, le grand-prix des sciences mathématiques.

Enlevée à l'âge de 55 ans, par une cruelle maladie, elle sut, au milieu de ses souffrances, faire montre d'une âme de véritable stoïcienne.

Aucune des savantes dont je viens de vous entretenir n'avait encore mené de front ses travaux avec les soins d'une bonne mère de famille. Nous trouvons cette union aimablement réalisée chez une Écossaise, contemporaine de Sophie Germain, qui est définitivement entrée dans l'histoire de la science sous le nom de Mary Somerville.

Née en 1780, aux environs d'Edimbourg, elle était la fille de l'Amiral Fayrfax. Elle aussi se montra d'une rare précocité ; mais au lieu de voir, comme Marie Agnesi, sa vocation encouragée par son père, elle ne trouva chez le sien que la volonté bien arrêtée d'y mettre un obstacle absolu, et c'est en cachette qu'elle dut s'initier aux éléments de la science. Elle y réussit, au reste, si bien qu'alors toute jeune femme — et

mariée à un certain Greig — elle fut en état de comprendre la *Mécanique céleste* que Laplace venait de faire paraître, et de correspondre à ce propos avec l'auteur.

Quelques années plus tard, devenue veuve et remariée à son cousin Somerville, elle faisait, au cours d'un voyage en France, la connaissance de son illustre correspondant, et comme elle l'entretenait de son œuvre de façon à lui prouver qu'elle l'avait fort bien comprise, mais sans toutefois, par extrême réserve, faire allusion à leur échange de lettres passé, elle s'attira de Laplace cette remarque : « Je n'ai connu que deux femmes qui aient étudié ma *Mécanique céleste*. Elles étaient, chose singulière, toutes deux Écossaises ; l'une s'appelait Mistress Greig ; l'autre c'est vous, Madame ».

Mary Somerville donna depuis lors, en anglais, un résumé si brillant de la *Mécanique céleste* que ce seul ouvrage sorti de sa plume suffirait à faire vivre sa réputation. On lui en doit d'ailleurs d'autres touchant tant aux sciences physiques qu'aux sciences mathématiques.

Elle eut aussi des élèves. Il en est une, parmi celles-ci, dont je ne puis vous taire le nom, bien qu'elle ait cherché de son vivant à s'envelopper d'un voile impénétrable. De remarquables notes mathématiques avaient paru certain jour, signées de mystérieuses initiales : une indiscrétion épistolaire est venue plus tard en donner la clef : elles étaient celles de la comtesse Lovelace, née Ada Byron, la fille unique du grand poète, et l'élève de Mary Somerville.

Epouse dévouée et bonne mère de famille, Mary Somerville, pensionnée de la reine Victoria, s'éteignit à Naples, en 1872, âgée de 92 ans. Si l'on rapproche son cas de celui de Caroline Herschel, on est tenté de croire que les pensions octroyées par la

couronne d'Angleterre confèrent à leurs titulaires un brevet de longévité.

Mais, dans cette galerie de femmes qui se sont distinguées par la science, la plus grande, sans aucun doute, celle qui, même parmi les hommes, fût venue se placer en un rang tout à fait éminent, est la dernière en date : Sophie Kowalewski.

Sa mort encore toute récente, puisqu'elle ne remonte qu'au 6 février 1891, a provoqué, sous forme d'articles de journaux et de revues, voire de volumes à part, une foule de notices biographiques que tout le monde a plus ou moins lues et qui me dispenseront des longs développements qu'exigerait l'importance du sujet.

Fille du général d'artillerie russe Corvin-Krukowski — par qui elle descendait de Mathias Corvin, roi de Hongrie — elle fut, dès son plus jeune âge, possédée, peut-on dire, du démon de l'x.

On sait comment, âgée seulement de dix-huit ans, elle épousa, en 1868, l'étudiant en sciences naturelles Kowalewski pour conquérir le droit, alors accordé en Russie aux seules femmes mariées, de suivre des cours d'Université. Puis, elle émigra à Berlin où, sous la direction d'un des plus grands analystes contemporains, Weierstrass, elle acheva, en peu d'années, de parfaire son éducation mathématique. Engagée avec ardeur dans la voie de la haute analyse, elle ne tarda pas à s'y faire remarquer par d'importantes découvertes.

Ruinée par des placements malheureux de son mari, que cet événement conduisit à une mort tragique, elle fut, sur l'avis éclairé du savant professeur Mittag-Leffler, appelée à occuper, à l'Université de Stockholm, une chaire de mathématiques supérieures où, jusqu'à l'heure de sa mort, trop tôt sonnée, elle fit preuve de la plus rare distinction.

En 1888, elle avait, à l'Académie des sciences de Paris, remporté le prix Bordin à la suite d'un concours où son mémoire avait été mis hors de pair par une découverte sensationnelle.

Ses brillantes facultés ne la prédisposaient d'ailleurs pas moins aux travaux littéraires qu'aux recherches mathématiques :

« Je ne saurais dire, a-t-elle écrit, ce que j'aime le plus des mathématiques ou des lettres. Dès que ma tête est fatiguée des spéculations abstraites, je me sens attirée vers l'observation de la vie et disposée à prendre la plume. »

On a dit que sa fin prématurée aurait été la rançon de sa gloire. Elle n'aurait pas pu surmonter le chagrin de voir s'évanouir certain rêve de bonheur domestique qu'elle avait formé avec son cœur de femme et auquel son renom trop retentissant de savante vint précisément mettre obstacle. « La gloire elle-même, a dit Mme de Staël, ne saurait être pour une femme qu'un deuil éclatant du bonheur. »

Pour vous apporter sur Mme Kowalewski un jugement d'une indiscutable autorité, j'ai interrogé à son sujet celui que tous les mathématiciens actuellement vivants saluent, d'un consentement unanime, comme le premier d'entre eux et l'un des plus grands dans tous les siècles. J'ai nommé M. Henri Poincaré. Voici sa réponse :

« Mme Kowalewski était une vraie mathématicienne, elle a fait des travaux originaux qui la mettent de pair avec les grands géomètres de l'autre sexe. »

Un tel témoignage me dispense d'en dire plus long.

Peut-être aurez-vous été frappées de ce fait que les femmes de science dont je viens d'évoquer la figure sont toutes des mathématiciennes ? Peut-être même quelques-unes d'entre vous y auront-elles cru voir une

suite fatale de mes tendances personnelles ? Non, c'est un fait que les femmes qui — jusqu'ici — ont le plus marqué dans la science s'étaient adonnées principalement à l'étude des mathématiques. Il n'est, au reste, nullement difficile d'en démêler les raisons. Tout d'abord, les mathématiques, à l'encontre des autres sciences, n'exigent aucune besogne matérielle accessoire, besogne qui, pour certaines sciences, ne laisse pas d'être assez pénible et de nature à éloigner la plupart des femmes. Tout l'effort que requiert une recherche mathématique est, au contraire, purement et exclusivement d'ordre intellectuel. Mais il y a mieux. Les mathématiques sont, parmi toutes les sciences, celles qui font le plus directement appel à l'intuition et — ceci va sans doute vous surprendre davantage, mais j'y reviendrai tout à l'heure — à la sensibilité, c'est-à-dire à des qualités d'esprit qui ne sont pas rares chez les femmes.

L'invention en mathématiques comporte tout d'abord, pour une large part, une sorte de divination par où commence à se révéler la vérité qu'il s'agit d'atteindre. Mais alors, allez-vous me dire, que faites-vous de cette logique, de cette faculté de raisonner en toute rigueur à laquelle vous faisiez allusion tout à l'heure ? Son rôle est indispensable, mais il ne s'exerce avec une réelle efficacité que lorsque l'intuition lui a tracé sa voie. La logique permet seule d'établir l'exactitude ou la fausseté de la proposition que l'intuition n'a fait qu'entrevoir, mais en général, sans une intervention préalable de celle-ci, point de découverte possible.

Je vais plus loin, et je n'hésite pas à soutenir que le don d'invention en mathématiques n'est pas sans quelque parenté avec celui du poète. Cela, pour le coup, ne va pas laisser de choquer certaines d'entre vous qui verraient plus volontiers en ces deux dons des tendances de l'esprit radicalement opposées.

Au cours de vos études, il vous aura sans doute semblé que la vivacité d'imagination requise pour les exercices de style n'intervient pas dans la recherche de la solution des problèmes, et vous en aurez conclu à une opposition foncière entre le don de l'invention poétique et ce qu'on appelle vulgairement la « bosse » des mathématiques.

Mais il faut que vous vous rendiez bien compte de ceci : du petit problème d'arithmétique élémentaire aux parties élevées de la science que cultivent les vrais mathématiciens, il y a la même différence que des gammes, exécutées sur son piano par une enfant de sept ou huit ans, à une fugue de Bach, à une symphonie de Beethoven, à un drame lyrique de Wagner. Si, de toute la musique, vous ne connaissiez que les unes, auriez-vous seulement soupçon de la beauté qui éclate dans les autres ?

Un aimable poète, qui avait préludé à sa carrière en passant par l'Ecole Polytechique, Armand Silvestre, dit en comparant le travail mental du poète à celui du mathématicien : « Remarquez qu'il n'est pas deux occupations qui se ressemblent davantage que celles-là. C'est la même recherche du rythme et de la symétrie. Car le Vrai comme le Beau s'expriment toujours par le rythme et par la symétrie, par une harmonie des caractères et des lignes. Cauchy et Hermite, qu'ils le veuillent ou non, sont des poètes comme Homère... »

Je viens, à propos de l'esprit mathématique, de vous parler de la sensibilité et je vous ai dit que j'y reviendrais ; j'y reviens pour vous faire entendre à ce propos la parole de M. Poincaré :

« On peut s'étonner, dit-il, de voir invoquer la sensibilité à propos de démonstrations mathématiques, qui, semble-t-il, ne peuvent intéresser que l'intelligence. Ce serait oublier le sentiment de la beauté mathématique, de l'harmonie des nombres et des formes, de

l'élégance géométrique. C'est un véritable sentiment esthétique que tous les mathématiciens connaissent. Et c'est bien là de la sensibilité. »

Et, un peu plus loin, il parle encore de « cette sensibilité spéciale que tous les mathématiciens connaissent, mais que les profanes ignorent au point qu'ils sont tentés d'en sourire. »

Mais si, comme la poésie, comme la musique, les mathématiques éveillent en nous un certain sentiment esthétique, elles possèdent un autre attrait plus puissant encore pour qui est à même de le sentir. Elles nous fournissent une sorte de représentation idéale des phénomènes physiques. On dit parfois qu'elles nous en donnent l'explication. C'est un mot sur le sens duquel il faudrait s'entendre. Elles ne nous font pas pénétrer leur essence qui nous restera, sans doute, à tout jamais inaccessible ; mais sous forme symbolique, elles en réalisent une admirable synthèse. Les harmonies de nombres et de formes qu'elles révèlent offrent de si étroites affinités avec celles qui se manifestent dans l'ordre physique que, par le seul jeu des déductions tirées de son cerveau, l'homme arrive parfois, dans la connaissance des phénomènes, à devancer les constatations de l'expérience. C'est ce que le génie mathématique de Fresnel a su faire pour la théorie de la lumière, celui d'Ampère pour l'électrodynamique, et, par dessus tout, celui de Newton, prolongé par ceux de Clairaut, de d'Alembert, de Laplace, de Lagrange, pour les lois des mouvements de notre univers. Vous savez comment, par la seule force de cette théorie mathématique, Leverrier a pu déceler la présence, dans notre système solaire, d'une planète, Neptune, avant qu'aucun œil humain ne l'ait encore observée.

Lorsque les yeux de notre esprit s'ouvrent sur un tel spectacle, nous goûtons la jouissance la plus haute,

la plus pure, la plus complète qui puisse nous être accordée ici-bas.

Mais je m'aperçois que je suis en train de devenir lyrique, et que, suivant l'observation de M. Poincaré, je vais vous donner à sourire.

Me voici maintenant en face de la conclusion philosophique qu'il s'agit de donner à cette causerie. C'est là que la difficulté se fait surtout sentir.

La question qu'il me faut examiner est double : tout d'abord, y a-t-il lieu de penser que les femmes, prises en général, soient aussi bien armées que les hommes pour la conquête des vérités scientifiques ?

Oh ! lorsqu'on envisage ce côté de la question — qui en est bien, n'est-ce pas, le plus délicat — on peut tout de suite faire observer que la différence des modes d'éducation suivis jusqu'ici pour la généralité soit des filles, soit des garçons, confère à ceux-ci, sous le rapport qui nous occupe, un avantage marqué. La Bruyère ne serait pas loin de voir là un effet du désir des hommes de ne pas trop laisser se multiplier les avantages que les femmes possèdent sur eux par ailleurs : «... A quelque cause, dit-il, que les hommes puissent devoir cette ignorance des femmes, ils sont heureux que les femmes, qui les dominent par tant d'endroits, aient sur eux cet avantage de moins. »

Constate-t-on que les femmes admises à suivre les mêmes études que les hommes y réussissent au même degré ? C'est l'avis d'un des plus grands géomètres allemands contemporains, M. Félix Klein, qui, ayant vu six étudiantes suivre les cours et les exercices de mathématiques supérieures de l'Université de Goettingue, déclare qu' « elles s'y sont constamment montrées, à tous points de vue, de même valeur que leurs concurrents masculins ».

Il est vrai que six, par rapport au nombre des étu-

diants, c'est une très petite minorité qui a bien pu n'être fournie que par des sujets exceptionnels.

A l'Université de Genève, où fréquentent un assez grand nombre de femmes, un professeur de sciences naturelles, M. Carl Vogt, s'est montré moins favorablement impressionné que M. Klein, et même assez sévère. Il reconnaît que les étudiantes fournissent une très forte somme de travail, que leur mémoire est bonne et qu'elles possèdent à fond toutes les matières traitées explicitement aux cours ; mais il leur refuse l'aptitude à raisonner par elles-mêmes. « Dès que, dit-il, l'examinateur fait appel au raisonnement individuel, l'examen est fini ; on ne lui répond plus. »

Si nous adoptions la manière de voir, au reste un peu bien absolue, du professeur Vogt, il nous faudrait donc admettre que, sur le terrain de la science, les femmes, parfaitement capables de comprendre et de retenir, seraient peut-être moins aptes à trouver par elles-mêmes.

Évidemment, on peut répliquer à cela en citant Sophie Kowalewski et un petit nombre d'autres femmes, dont plusieurs vivantes ; mais il faut convenir que ce ne sont là, jusqu'ici, que des figures d'exception. S'autoriserait-on de l'exemple de Jeanne d'Arc pour conclure, d'une façon générale, à l'existence chez les femmes de talents particuliers pour la guerre ?

Ici encore, nous pouvons demander à la musique le secours d'une de ses analogies. Il est fort ordinaire de voir des femmes sentir et comprendre vivement la musique, l'interpréter même supérieurement. Mais, s'il en est quelques-unes qui se soient livrées à la composition musicale, elles ne peuvent être considérées que comme des exceptions et nulle d'entre elles, que je sache, ne s'est placée au rang des grands compositeurs.

Et pourtant, à l'encontre de ce que nous constations tout à l'heure à propos de la science, c'est dans l'éducation des filles que la musique tient la plus large place.

Il semble donc bien que, dans l'ordre de la musique, l'esprit féminin fasse preuve de qualités de compréhension et d'assimilation plutôt que de création. Peut-être y aurait-il quelque chose de cela dans l'ordre de la science ?

L'intelligence de la femme, vive, pénétrante et souple, capable de saisir promptement les idées qu'on lui présente toutes faites, manquerait-elle un peu, par ailleurs, de la faculté de s'appesantir au point où l'exige la recherche scientifique ? Serait-elle moins portée à raisonner qu'à sentir ?

A qui allons-nous demander la réponse à cette question ?

Ce grincheux de Lamennais — qui, bien certainement, devait souffrir d'une maladie d'estomac — nous répondrait avec aigreur :

« Je n'ai jamais rencontré une femme qui fût en état de suivre un raisonnement pendant un demi-quart d'heure. Elles ont des qualités qui nous manquent, des qualités d'un charme particulier, inexprimable ; mais en fait de raison, de logique, de puissance de lier les idées, d'enchaîner les principes et les conséquences, la femme, même la plus supérieure, atteint rarement à la hauteur d'un homme de capacité médiocre. »

Vite, fuyons ce censeur morose et adressons-nous ailleurs. Le savant naturaliste genevois, Alphonse de Candolle, va vous dire avec plus de mesure :

« L'esprit féminin est primesautier. Il se plaît aux idées qu'on saisit vite par une sorte d'intuition. Les méthodes lentes d'observation ou de calcul, par lesquelles on arrive sûrement à des vérités, ne peuvent lui plaire. Les vérités elles-mêmes, abstraction faite de leur nature et de leurs conséquences possibles, sont

peu de chose pour la plupart des femmes, surtout les vérités générales qui ne touchent à aucun individu en particulier. »

Le même avis se trouve sous nombre d'autres plumes. Un écrivain qui s'est spécialement occupé de la condition de la femme, M. Cosson, nous dit :

« ... A les prendre telles qu'elles sont aujourd'hui, les femmes paraissent inférieures à l'homme pour saisir les généralités, les principes et tout ce qui relève de la faculté spéculative. Mais il saute aux yeux qu'elles ont l'esprit plus vif et plus pénétrant. »

Et, de même, un professeur de philosophie, M. Charaux :

« Que leur manque-t-il donc puisqu'elles possèdent, avec une intelligence égale à celle de l'homme, une sensibilité plus délicate et plus vive ? Une seule chose, à notre avis du moins : l'attention dans le sens et au degré où Buffon l'égalait au génie, où Newton lui attribuait ses merveilleuses découvertes ; l'attention forte, persévérante, capable de découvrir enfin l'unité vraie, l'ordre vrai sous la variété infinie des phénomènes, à travers le voile épais des apparences trompeuses ; l'attention qui élève, surtout si le cœur l'accompagne, la raison à sa plus haute puissance. »

Et encore, le médecin philosophe Isidore Bourdon :

« Les femmes sentent trop vivement pour beaucoup raisonner et longtemps réfléchir... L'étude des causes les déconcerte et les ennuie. »

Mais, peut-être, seriez-vous curieuses de savoir ce qu'ont pensé là-dessus des écrivains connus pour avoir été particulièrement des amis de la femme : Fontenelle, par exemple, qui, pour elles, s'est fait le premier et est resté le plus grand des vulgarisateurs de la science? Voici ce qu'il dit :

« Pour les recherches laborieuses, pour la solidité

du raisonnement, pour la force et la profondeur, il ne faut que des hommes. »

Et Legouvé :

« La femme peut donc, dans les idées complètement abstraites, s'élever par l'étude jusqu'à la raison qui comprend, rarement jusqu'à la raison qui crée... Intelligentes comme interprètes, passionnées comme sectatrices, leur puissance s'arrêtait et s'est toujours arrêtée là où la création commence. »

Mais, au fait, pourquoi n'interrogerions-nous pas les femmes elles-mêmes ? Mme de Girardin nous répondrait :

« Toutes les fois qu'il faudra agir avec la divination et avec l'instinct, les femmes seront supérieures aux hommes ; toutes les fois qu'il faudra agir avec le raisonnement, avec la science, les hommes auront sur elles une formidable supériorité... »

Et ce que nous retiendrons, dès lors, de tout ce qui précède, c'est que tant, du moins, qu'une évolution encore assez conjecturale n'aura pas modifié la mentalité moyenne de la femme, celle-ci, à de rares exceptions près, ne sera pas portée aussi naturellement que l'homme vers les études scientifiques.

Maintenant, faut-il souhaiter que cette évolution s'accomplisse — c'est la seconde face du problème que nous nous sommes posé — et doit-on s'appliquer à la favoriser ?

Mme de Girardin ne le pense pas : « L'homme, dit-elle, ne demande pas à sa compagne de partager ses travaux : il lui demande de l'en distraire. »

Et l'auteur d'un livre exquis récemment paru (1) — que je n'ai pas besoin de vous nommer, car vous allez

(1) *La Route du Bonheur*, par Yvonne Sarcey (Mme Ad. Brisson, directrice de l'Université des Annales), page 173. Le texte porte le mot « métaphysique » au lieu de « science », mais l'auteur consulté a volontiers approuvé cette légère altération.

tout de suite « la » reconnaître — s'adressant directement à vous, dit :

« Laissez donc toute cette « science » aux hommes ; elle leur convient bien mieux qu'à nous ; il y a trop d'idées générales dans leur affaire, trop de mots aussi ; nous y perdrions le « sentiment » qui fait notre force et nous donne des ailes... »

D'autre part, si l'on se place au point de vue de l'intérêt général de la société, on peut être amené à souhaiter que de nouveaux soucis viennent le moins possible détourner la femme des devoirs spéciaux, de si haute importance, qui lui incombent au sein de la famille.

Cette façon d'envisager les choses n'est assurément ni brillante, ni originale ; elle n'est, à tout prendre, que celle de certain personnage de comédie à qui Molière n'a pas prêté une intellectualité particulièrement transcendante. Il faut pourtant reconnaître que, sur ce point, le sens un peu terre à terre de Chrysale n'est pas sans se rencontrer avec le jugement de penseurs de quelque envergure, Montaigne, par exemple. Voici comme il s'exprime :

« En la philosophie, de la part qui sert à la vie, les femmes prendront les discours qui les dressent à juger de nos humeurs et conditions, à se défendre de nos trahisons, à régler la témérité de leurs propres désirs, à ménager leur liberté, à allonger les plaisirs de la vie, et à porter humainement l'inconstance d'un serviteur, la rudesse d'un mari, et l'importunité des ans et des rides et choses semblables. Voilà, pour la plupart, la part que je leur assignerais aux sciences. »

Il dit encore : « Et nous, et la théologie, ne requérons pas beaucoup de science aux femmes. »

Voilà, il faut en convenir, Montaigne qui sert de caution à notre Chrysale.

Évidemment, il ne pousse pas les choses aussi loin

que Sylvain Maréchal, dit le berger athée, auteur d'un projet de loi portant défense aux femmes d'apprendre à lire et à écrire. Il n'en reste pas moins qu'un tel langage peut être interprété comme une sorte d'encouragement à l'ignorance chez les femmes ; mais le train des choses s'est quelque peu modifié depuis le XVIe siècle, et la manière de voir de Montaigne appellerait aujourd'hui de notre part quelques réserves. Si le savoir risque d'engendrer un peu de pédanterie, l'ignorance par trop fruste manque aussi de grâce.

« Encore, écrit Melle de Scudéry, que je sois l'ennemie déclarée des femmes qui font les savantes, je ne laisse pas... d'être souvent épouvantée de voir tant de femmes de qualité avec une ignorance si grossière que, selon moi, elles déshonorent notre race. »

Et si quelque jeune fille manifeste un goût décidé pour la science, pourquoi vouloir l'en détourner ? Fénelon, le délicat législateur de l'éducation des filles, n'hésite pas à dire :

« Si vous avez une imagination vaste, vive et agissante et une curiosité que rien ne puisse arrêter, il vaut mieux occuper ces dispositions aux sciences que de hasarder qu'elles se tournent au profit des passions. »

De même, Mgr Dupanloup :

« On fait naître et on propage la futilité des femmes par cette crainte de faire des savantes, de trop développer leur intelligence.... N'oblige-t-on pas la femme qui a des goûts sérieux à les cacher ou à les faire excuser par tous les moyens qu'elle pourrait employer, s'il s'agissait d'une faute ? »

Et voici enfin M. Anatole France :

« Si une femme a la vocation de la science, de quel droit lui reprocherons-nous d'avoir suivi sa voie ?... S'il est peu raisonnable de vouloir instruire toutes les femmes, l'est-il davantage de vouloir interdire à toutes les hautes spéculations de la pensée ? »

Après tant de citations, empruntées à des sources si diverses, il me faut pourtant bien, coûte que coûte, formuler à mon tour une conclusion personnelle. Je ne le fais pas, au reste, sans quelque confusion, d'abord parce que mon autorité est mince, puis parce que j'aurais bien aimé finir sur quelque piquant paradoxe et que je me vois réduit au plus modeste des lieux communs. Mais je vous dois avant tout l'expression sincère de ma pensée.

Donc, je crois que, d'ici longtemps, la femme adonnée professionnellement à la science restera une exception. Si d'aventure, chez quelqu'une, se rencontrent de brillantes dispositions pour la science, j'estime qu'il y a lieu d'en faciliter autant que possible le plein essor.

Par contre, il ne m'apparaît pas comme opportun de faire effort en vue de plier les femmes, en plus grande majorité, à la rude discipline des sciences.

Mais il me semble désirable que, sans pousser les choses jusqu'au point où commencerait la spécialisation, il soit fait, dans la culture générale des jeunes filles, une place un peu plus large aux notions primordiales de la science, afin de leur découvrir de plus vastes horizons, de leur permettre de mieux apprécier les admirables conquêtes de l'esprit humain dans l'ordre naturel, de les mettre en mesure de goûter la beauté de la science comme celle de l'art et de la poésie.

MAURICE D'OCAGNE.

LES PORTS

ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE[1]

XXI

BARCELONE ET BILBAO

L'activité commerciale et maritime ne présente nulle part le degré d'intensité, ni le développement rapide et régulier qui caractérisent les ports de l'Europe septentrionale. Aucune région n'est parvenue à concentrer et à centraliser sur aussi petit espace plus formidable mouvement d'échanges. Resserrés sur le littoral de la Manche et de la Mer du Nord entre le 1er et le 9e degré de longitude, devenus rivaux les uns des autres à cause de leur proximité et de la configuration des pays qu'ils desservent, à cause des canaux et des chemins de fer qui confondent leur hinterland, Le Havre, Dunkerque, Anvers, Rotterdam, Brême et Hambourg représentent à l'entrée un tonnage total de 42 millions de tonnes. Leurs importations réunies s'élèvent à 41 500 000 tonnes de marchandises et valent environ 11 milliards et demi de francs ; à la sortie, les 18 500 000 tonnes ne sont pas estimées à moins de 9 milliards de francs. En limitant

(1) Voir la Revue des Questions scientifiques, 3e série, t. IX, avril 1906, p. 357 ; t. X, juillet 1906, p. 110 ; t. XI, avril 1907, p. 494 ; t. XII, juillet 1907, p. 86 ; t. XIII, avril 1908, p. 461 ; t. XIV, juillet 1908, p. 55 ; octobre 1908, p. 475.

approximativement leur hinterland commun par les lignes Le Havre, Paris, Berne, Prague, Breslau, Hambourg, nous découpons un pays de 90 millions d'habitants et de 700 000 kilomètres carrés. Ni les ports de la Méditerranée, ni le groupe américain Montréal, Boston, New-York, Philadelphie, Baltimore, resserré lui aussi entre 7 degrés de latitude, ne peuvent offrir semblables résultats. Gênes, Marseille, Barcelone, ajoutons-y Fiume, Trieste et Venise, atteignent à peine 26 millions de tonnes. Leur commerce d'importation n'est guère supérieur à 3 milliards et demi de francs pour 17 millions de tonnes de marchandises, et les exportations sont évaluées à 2 milliards et demi de francs pour 6 500 000 tonnes. Ces ports rappellent plutôt ceux du Golfe du Mexique, la Méditerranée américaine. Là aussi, malgré l'embouchure du Mississipi, comme ici malgré le Rhône, Galveston, Nouvelle-Orléans, Vera-Cruz, Mobile, Pensacola sont bien devancés par les ports de l'Hudson et du St-Laurent (1).

A quelles causes attribuer cette infériorité de Gênes, de Marseille et de Barcelone ?

Le grand essor des ports de l'Europe septentrionale tient surtout à la large part qu'ils prennent au commerce de l'Europe avec les États-Unis. Colonisée et peuplée pendant des siècles par des Anglais et des Irlandais, depuis cent ans par plusieurs millions d'Allemands, l'Amérique du Nord entretient naturellement avec les métropoles de ces immigrants un commerce prépondérant. Les Américains de l'Union et du Dominion jouissent d'une civilisation de peuple de race blanche et le commerce de ces 100 millions d'Anglo-

(1) Le mouvement commercial de ces ports du Golfe du Mexique dépasse à peine 2 milliards de francs à l'exportation et 600 millions seulement à l'importation, tandis que le groupe de l'Amérique du Nord commande un commerce global de onze milliards.

Saxons est quatre fois plus considérable que celui de 300 millions d'Hindous. En outre, le nord de l'Europe possède de riches gisements houillers, condition indispensable de la grande activité et de la prospérité industrielles : de là, importation de matières premières et de produits alimentaires et grand échange de produits manufacturés.

D'ailleurs, l'absence de grande artère fluviale, comme l'Escaut, le Rhin et l'Elbe, le manque de voies de communication enlèvent toute profondeur à l'hinterland montagneux de Barcelone et de Gênes, et rendent impossible à ces ports la colossale expansion des centres maritimes alimentés et desservis par la batellerie fluviale. Enfin, la barrière des Pyrénées et la situation géographique désavantageuse de l'Espagne à l'extrême sud-ouest de l'Europe suppriment tout transit. Ses ports ne peuvent vivre que du trafic local et du commerce strictement national.

Cependant, parmi les ports espagnols, il en est deux qui, au point de vue qui nous occupe, méritent d'attirer l'attention : Barcelone et Bilbao. Barcelone le principal port importateur de l'Espagne, Bilbao le grand port exportateur.

La vie des ports est en Espagne particulièrement intéressante. La forme péninsulaire de ce pays et les difficultés de communication avec la France donnent en effet au commerce maritime une grande importance. Ainsi, en 1905, le commerce d'importation a atteint 1056 millions de pesetas. De cette somme, 824 millions ou les 3/4 du total représentent la valeur des marchandises arrivées par mer. A l'exportation, la proportion est de 794 millions pour un total de 937 500 000 pesetas (1).

(1) Tandis que son commerce extérieur se développe, l'Espagne prend

Ce commerce extérieur présente aussi la particularité d'être géographiquement très divisé. L'importation se fait par Barcelone, qui à lui seul reçoit autant que tous les autres ports réunis. Quant à l'exportation espagnole, elle est beaucoup moins centralisée : on peut néanmoins considérer Bilbao comme son principal centre. Elle ne comprend, en général, que du minerai (fer, cuivre, plomb) et des produits alimentaires de qualité (vins, fruits, conserves de poisson). Or, le commerce de cette dernière catégorie d'articles, Tarragone, Valence, Malaga, Séville, Alicante, Carthagène et Vigo se le partagent, et, de par sa nature, il ne peut donner lieu à un grand mouvement maritime. L'exportation des minerais est au contraire la caractéristique de Bilbao qui en expédie deux fois plus que Huelva, la ville la plus importante après lui sous ce rapport.

Si l'on tient compte à la fois du tonnage des marchandises et de leur valeur, de l'importance du mouvement maritime, des recettes douanières et des nouvelles installations, Bilbao est le principal port exportateur du royaume.

Barcelone et Bilbao sont aussi les deux plus grands ports de la péninsule au point de vue de la navigation maritime.

aussi d'année en année une meilleure position vis-à-vis de la concurrence des marines étrangères.

	Importation		Exportation	
	Sous pavillon		*Sous pavillon*	
	national	*étranger*	*national*	*étranger*
1855	100 000 tonnes	500 000	57 000	397 000
1880	374 000	1 191 000	561 000	4 515 000
1901	1 321 000	2 452 000	3 145 000	6 081 000

En 1906, l'importation des marchandises sous pavillon national a atteint 378 millions de pesetas, et la part du pavillon étranger a été de 445 millions. Pour l'exportation les deux chiffres sont respectivement 330 et 463 millions.

	Navires	*Tonnage*
Barcelone	3717	3 913 000
Bilbao	3352	2 391 000
Vigo	1970	1 970 000
Cadix	2400	1 750 000
Valence	2800	1 735 000
Malaga	2200	1 700 000
Huelva	1300	1 500 000
La Corogne	2280	1 460 000
Alicante	1700	1 000 000
Carthagène	1900	700 000
Séville	405	385 000

Une étude sur la fonction économique de Barcelone et de Bilbao appelle comme introduction un court aperçu sur la situation du pays au point de vue de ses voies de communication.

Considérée dans son ensemble, la péninsule espagnole est une haute terre montagneuse, dont la forme est celle d'un tronc de pyramide. La partie supérieure est occupée par le plateau central de Castille, et les quatre faces latérales sont représentées par les quatre versants de la presqu'île raides et escarpés. Le plateau qui est le trait caractéristique de la topographie du pays, couvre plus des 2/3 de la superficie du royaume. Délimité naturellement par les barrières des Pyrénées cantabriques et de la Sierra Morena, par les vallées profondes de l'Ebre et du Guadalquivir, il est séparé des provinces de la côte et des ports par les talus accidentés qui le soutiennent. Ses hautes plaines nues et arides sont coupées de massifs et de ravins difficiles à franchir et renferment quelques vallées fertiles et peuplées.

Les côtes présentent des ports naturels parfois excellents, mais, à peu de distance de la mer, le terrain

s'élève subitement à de grandes hauteurs par des escarpements brusques.

Au point de vue commercial et maritime, une situation péninsulaire est un avantage indiscutable ; malheureusement l'Espagne est séparée de l'Atlantique par le Portugal, et, physiquement, elle tourne le dos à la Méditerranée car tous ses grands fleuves se déversent dans l'Atlantique. Au N.-O. le littoral ne communique avec le reste du pays qu'à travers quelques passes étroites ; au S.-O. Cadix n'est, en somme, la porte de sortie que d'une région bien limitée, l'Andalousie. A l'Est, l'Espagne de la Méditerranée, resserrée de Malaga à Barcelone entre la mer et les premières pentes du massif central, est comme divisée par les chaînons du plateau en plusieurs compartiments isolés, si bien que l'on se rend plus vite de Carthagène ou d'Alicante à Malaga par bateau qu'en chemin de fer.

Des cinq grands fleuves qui arrosent l'Espagne, trois, le Douro, le Tage et le Guadiana, ne sont navigables qu'en Portugal, et même, près de leur embouchure, la navigation est très difficile et parfois impossible. Le Tage a un cours très rapide, semé de brisants et, à 40 km. en amont de Lisbonne, il ne porte plus que des barques de 20 tonnes. Le Douro offre les mêmes inconvénients, accrus par la variation extraordinaire de son débit ; et le Guadiana, malgré sa largeur de 800 m. dans son cours inférieur, est tout aussi abandonné. Ces fleuves ne peuvent donc être utilisés pour le transport des marchandises espagnoles en Portugal et vers les ports de l'Atlantique. Séville, sur le Guadalquivir, peut recevoir des bâtiments calant 5 m., mais la navigation sur l'Ebre est entravée par des bancs de sable. Pour remédier à cet inconvénient, on a creusé le canal d'Aragon qui a 100 km. de long et 3 m. de profondeur : 88 km. sont utilisés par la petite batellerie entre Tudela et Saragosse. Les autres canaux de l'Espagne,

même le canal de Castille et le canal Ferdinand, n'ont aucune importance au point de vue des transactions. La péninsule est donc un des pays les plus pauvres en voies navigables, alors que la nature de ses richesses naturelles — minerais, charbons, céréales — exige des transports économiques.

Il en est de même pour les routes. Le réseau de l'État ne dépasse pas 12 000 kilomètres : la longueur des routes provinciales et vicinales atteint environ 68 000 kilomètres, alors que les routes et chemins de même catégorie ont en France, pays de superficie sensiblement égale à celle de l'Espagne, une longueur de plus de 660 000 kilomètres. La comparaison est encore plus désavantageuse si on considère l'entretien de la voirie. Souvent ce sont de simples chemins de montagne où les véhicules auraient peine à passer, et où les charges se portent à dos de mulet.

Quant au réseau des chemins de fer, un coup d'œil sur le tableau suivant fait voir l'infériorité de l'Espagne.

	Allemagne	France	Espagne	Belgique
Superficie	540 000	519 000	500 000	29 000
km. de voie ferr.	56 500	46 500	14 500	7 600(1)

En 1906, sur les 13 500 kilomètres exploités, ont été transportés 45 millions de voyageurs et 23 700 000 tonnes de marchandises. La même année, en un pays montagneux et de faible population comme la Suisse, les chemins de fer ont transporté 65 millions de voyageurs et 11 millions de tonnes de marchandises, bien que le réseau soit trois fois et demie moins étendu que le réseau espagnol.

(1) Y compris les chemins de fer vicinaux ; les 14 500 kilom. du réseau espagnol comprennent d'ailleurs les chemins de fer d'intérêt local au petit écartement de 0,60 m.

L'établissement des voies ferrées a été spécialement coûteux à travers le pays accidenté et les roches dures des sierras. Les travaux d'art, les tunnels, les fortes rampes, l'éloignement du charbon entraînent des tarifs élevés. Quelques régions de Castille envoient du blé en Galice en le faisant passer en transit par le Portugal : il y a plus de profit à emprunter les lignes qui suivent la vallée du Minho et à aller s'embarquer à Porto qu'à prendre en écharpe toutes les chaînes de montagnes. Le transport du charbon est trois fois plus cher qu'en France et quatre fois plus cher qu'en Belgique. Mais là où existe la concurrence du cabotage, les prix tombent pour se relever sur les lignes où la voie ferrée jouit du monopole. Ainsi de Huelva à Barcelone (1385 km.) une tonne de marchandises paie 38 pesetas, et de Huelva à Avila (800 km.) 44 pesetas.

BARCELONE

Le long des rivages catalans, depuis le Golfe de Rosas jusqu'à Tarragone, la côte ne présente aucun abri. Après avoir hésité entre l'Ampuria phénicienne et grecque au nord du littoral, et la Tarragone romaine plus proche de l'embouchure de l'Ebre, navigateurs et négociants s'établirent définitivement au centre, à Barcelone. Jusqu'au XVIe siècle, Barcelone, port et capitale du royaume d'Aragon, dut sa prospérité à son commerce méditerranéen, surtout aux possessions italiennes de ses rois. Mais la réunion des couronnes d'Aragon et de Castille et la découverte de l'Amérique qui détourna de la Méditerranée le courant des échanges internationaux, firent passer Barcelone du rang de métropole à celui de port provincial. Par le fait même, le commerce maritime de l'Espagne se divise : Barcelone garde le trafic réduit de la mer intérieure, San-

tander joint aux pêcheries l'exportation des blés et des laines de Castille. Cadix et Séville profitent des richesses des Indes.

Trois siècles plus tard, l'indépendance des colonies américaines, les invasions et les guerres civiles amenèrent la ruine et la décadence des ports espagnols. Mais depuis l'ouverture du canal de Suez et les progrès de la marine à vapeur, Barcelone est redevenu le premier port du royaume. La route des Indes, des Philippines et de l'Extrême-Orient passe de nouveau par la Méditerranée. Barcelone a concentré peu à peu tout le trafic des colonies que des tarifs prohibitifs réservaient à la Métropole, et la vapeur a rendu la navigation indépendante des vents qui retardaient souvent à Gibraltar la marche des voiliers.

La nature a peu fait pour le port de Barcelone et les hommes ont encore beaucoup à faire pour y donner à la navigation la commodité et la sécurité indispensables au développement d'un grand commerce maritime.

La Junta de Barcelone est la première corporation de ce genre qui ait été créée dans la Péninsule (1). Lors de sa constitution en 1868, le port se trouvait dans la plus déplorable des situations : toute la manutention des marchandises se faisait par allèges. Le tirant d'eau était insuffisant et la sûreté des navires dans le port était des plus précaires. Les jetées de l'est et de l'ouest

(1) Les ports sont régis en Espagne par la loi du 7 mai 1880. D'après cette loi, ils sont divisés en deux catégories : les ports d'intérêt général et d'intérêt local. La construction et l'entretien des premiers incombent à l'État ; les provinces et les communes se chargent des seconds.

Dans les ports d'intérêt général, les travaux ont été le plus souvent exécutés directement par l'État ou par des Commissions spéciales appelées « Juntas de obras de Puertos » et qui rappellent le Board anglais. Les ressources de ces corporations sont la perception des impôts autorisés par le Gouvernement, les subventions accordées ou les emprunts permis par le Gouvernement. Font partie des Juntas les membres élus parmi les armateurs, les consignataires, les industriels de la localité.

n'étaient que commencées : à l'intérieur il n'y avait ni quais d'accostage, ni magasins, ni voies ferrées.

La Junta construisit un vaste avant-port avec des profondeurs de 8 à 10 m. Des magasins, un entrepôt à grains, quelques kilomètres de rails, de nombreuses grues hydrauliques et électriques complétèrent l'outillage. Mais les 148 hectares qui constituent le port tout entier sont loin d'être tous utilisables. Quand soufflent les vents du S.-E., les navires mouillés dans les parties les mieux abritées doivent doubler leurs amarres et dans l'avant-port par gros temps la situation est telle qu'en 1902 un voilier italien sombra pendant la tempête. Aussi la prolongation de la jetée de l'est, reconnue indispensable depuis longtemps pour assurer la protection de l'avant-port trop ouvert, a-t-elle enfin été commencée. Le coût des travaux effectués jusqu'en 1906 est de 59 272 000 pesetas. En plus, il y a des travaux en cours d'exécution pour une dépense totale de 37 millions de pesetas. De cette somme 16 500 000 pesetas correspondent au prolongement de la jetée de l'est. Une fois ce môle achevé, l'avant-port deviendra une partie du port intérieur et l'encombrement diminuera. Actuellement, seuls les caboteurs et les vapeurs charbonniers peuvent s'amarrer aux quais. Les autres navires sont obligés de mouiller en rade. Et ceux même qui sont près des quais ne peuvent s'embosser mais n'accostent que pointe à quai. Sauf de rares exceptions, ils sont donc obligés d'avoir recours à des chalands pour leurs opérations. De là de grandes pertes de temps et une augmentation sensible des frais de port déjà très élevés (1).

(1) Moniteur officiel du Commerce, 17 déc. 1903. Suppl. 292.

Mouvement maritime et commercial de Barcelone
Comparaison avec Marseille et Gênes (1907)

	Barcelone	*Marseille*	*Gênes*
Navires entrés	3629	8154	6318
Tonnage	3 836 000 Tonnes	8 380 000	6 800 000
Marchandises importées	1 620 000 »	4 638 000	5 235 000
Marchandises exportées	150 000 »	2 490 000	818 000

Comme le tableau précédent le montre, c'est le commerce d'importation qui est prépondérant à Barcelone. En poids il est dix fois plus important que le commerce d'exportation ; en valeur il en est encore le quintuple.

Les produits alimentaires y tiennent une large part. Ainsi l'importation des céréales et farines, variable selon l'état des récoltes en Espagne, a atteint à Barcelone pendant ces trois dernières années 550 000, 60 000 et 145 000 tonnes.

L'importation des poissons frais et salés dépasse 6000 tonnes. Ajoutez 2 à 3000 tonnes de produits coloniaux.

L'agriculture espagnole ne peut nourrir aujourd'hui une population de 18 000 000 d'habitants sur une superficie sensiblement égale à celle de la France. La production à l'hectare est une des plus faibles de l'Europe. Alors qu'en Angleterre et au Danemark, par l'emploi des méthodes perfectionnées et des engrais artificiels, on obtient un rendement de 40 hectolitres, en Espagne les terrains arrosés ne donnent que 18 à 20 hectolitres à l'hectare, et les terrains secs, de loin les plus nombreux, de 5 à 10 seulement. En fait, les terrains incultes couvrent actuellement 46 % du sol (1). Au

(1) Un ingénieur agricole, M. Lucas Mallada, a étudié la pauvreté du sol de sa patrie et a réparti les terrains du royaume de la façon suivante :

Roches dénudées, 10 %.

Terrains peu productifs à cause de leur altitude, de leur sécheresse ou de leur mauvaise composition, 35 %.

Terrains moyennement productifs, manquant d'eau ou mal situés, 45 %.

Terrains qui font croire que nous sommes nés dans un pays privilégié, 10 %.

commencement du XIXe siècle, le blé était cultivé en Espagne sur une étendue de 5 millions d'hectares, mais depuis 1882 la culture diminua à cause du développement des vignobles et tomba à 3 500 000 hectares.

La Catalogne en particulier offre une production agricole d'une remarquable variété, mais à peine suffisante pour répondre aux besoins du quart de sa population. Les vins et les primeurs enrichissent Tarragone, les huiles d'olive Lérida, le liège Gérone, et la Catalogne demeure tributaire de l'Espagne et de l'étranger pour son alimentation.

A cause de la configuration du sol très accidenté et de la nature souvent trop siliceuse du terrain, la Catalogne ne possède pas de grandes étendues de terres pouvant être consacrées à une même culture et dont les produits, d'un prix peu élevé à cause de leur abondance, permettraient l'envahissement des marchés voisins. Ajoutez aux effets désastreux du déboisement et d'une répartition irrégulière des pluies, ceux d'un essor industriel qui attire la main-d'œuvre dans les usines et dépeuple la campagne.

La fonction régionale de Barcelone dans l'importation et la distribution des céréales a entraîné la fonction industrielle : les céréales sont des marchandises encombrantes, et il y a intérêt, dans un pays pauvre en voies de communications économiques comme l'Espagne, à les expédier sous forme de farines. Entre Barcelone, Tarragone et Valence, il existe une cinquantaine de moulins dont la production journalière peut dépasser 500 quintaux. Barcelone et ses communes suburbaines forment le principal centre de cette industrie. Celle-ci se trouve dans une situation telle qu'elle a besoin pour prospérer de mauvaises récoltes en Espagne. C'est d'ailleurs une série de récoltes déficitaires qui a provoqué son développement. D'une part, en effet, quand les récoltes indigènes sont abondantes

et que les petits moulins de l'intérieur fournissent leur clientèle locale, les débouchés diminuent pour les meuneries du littoral et elles sont forcées d'entrer en concurrence avec Marseille sur les marchés de Ceuta, de Las Palmas, etc. D'autre part, les meuniers ont intérêt à acheter des blés américains, danubiens ou russes moins chers que les blés espagnols : mais, si grâce au tarif élevé, la meunerie catalane ne craint pas la concurrence de la farine étrangère qui paie 14 francs or les 100 kilos, elle souffre de l'élévation des droits d'entrée sur les céréales. Quand la récolte indigène est manquée, le Gouvernement abaisse ces droits et les blés étrangers arrivent plus facilement à Barcelone. Ce qui fait la force de la meunerie catalane, c'est son organisation technique et commerciale qui lui permet de lutter efficacement avec l'industrie castillane moins avancée et mal outillée.

Mieux que les produits alimentaires, ce sont surtout les matières brutes destinées à l'industrie qui alimentent le commerce d'importation de Barcelone. Car tandis que l'Espagne est d'une façon générale un pays à l'industrie encore modeste, qui vend surtout à l'étranger les produits de son sol, Barcelone ne demande guère aux marchés extérieurs que des matières premières. Alors que les produits manufacturés constituent environ le quart de l'exportation du reste de l'Espagne, ils entrent pour les 7/10 dans le commerce d'exportation de Barcelone.

La Catalogne a toujours été industrielle et manufacturière, mais c'est surtout depuis une quinzaine d'années que son développement a pris un grand essor. La hausse du change qui a atteint 110 % et s'est maintenue pendant des années entre 35 et 50 %, agissait comme une double protection : d'une part, les industriels de la région payaient leur main-d'œuvre en pesetas et vendaient leurs marchandises sur les mar-

chés extérieurs en or ; d'autre part, les importateurs étaient obligés d'élever leur prix de vente sur les marchés espagnols. L'orientation de la politique douanière vers le protectionnisme, en fermant dans une large mesure l'Espagne aux fabricants étrangers facilita les progrès de l'industrie catalane. Aussi plusieurs industriels, pour empêcher que le marché espagnol où ils s'étaient acquis une sérieuse clientèle ne leur échappât, installèrent-ils des usines sur place. Du même coup, ils apportaient leurs méthodes de fabrication, leurs procédés, et les producteurs locaux stimulés par leur exemple perfectionnèrent leur outillage. Les manufactures déjà existantes se développèrent, et toutes les industries qui n'étaient pas sollicitées sur un point déterminé par la présence des matières premières, comme les raffineries dans les régions de cannes et de betteraves de l'Andalousie, les aciéries près de Bilbao, les fabriques de conserves de poissons dans les ports de la Galice, toutes les industries qui ne recherchaient qu'un lieu offrant des relations commerciales faciles, une main-d'œuvre habile, s'établirent à Barcelone.

D'ailleurs, une industrie vraiment importante ne peut en Espagne s'établir que dans un port. Non seulement les transports difficiles et coûteux à l'intérieur du pays auraient tellement augmenté avant leur embarquement le prix des objets manufacturés dans le centre du royaume qu'il leur serait impossible de concurrencer à l'extérieur les produits d'usines proches de la mer, mais, même au point de vue du marché national, la supériorité d'une ville industrielle maritime est encore évidente. Le littoral de l'Espagne est, en effet, de beaucoup la partie du pays la plus prospère autant par son climat et la valeur naturelle du sol que par l'importance de la population. Le nombre des habitants diminue par degré de la circonférence au centre. C'est loin de la capitale, sur le pourtour de la péninsule, dans la Galice,

les Asturies, la Catalogne, la province de Valence, etc., que les villes sont le plus nombreuses et la population le plus dense. Or, les régions de la côte communiquent si difficilement entre elles par chemin de fer que partout le cabotage triomphe du transport par voie de terre.

Barcelone est ainsi devenu la grande ville industrielle de l'Espagne. C'est dans ses usines que se fabriquent avec les matières premières venues de l'étranger, la majeure partie des produits manufacturés nécessaires au royaume. De là les grandes importations de charbon qui caractérisent le commerce de Barcelone comme celui de Gênes. La lourde cargaison des navires charbonniers représente en moyenne la moitié des importations.

En 1906, l'Espagne a importé 2 200 000 tonnes de charbon. Près du tiers est entré par Barcelone qui a reçu 621 000 tonnes de charbon anglais.

L'Espagne possède 14 000 km² de terrain houiller, mais les gisements sont assez éloignés de la mer ; les moyens de transport font défaut, aussi la production qui a beaucoup augmenté en ces dernières années arrive-t-elle seulement à atteindre l'importance des quantités venues d'Allemagne et d'Angleterre. Barcelone reçoit trois fois plus de charbon étranger que de charbon espagnol. Il y a quelques années la proportion était encore plus forte, et Barcelone avait même intérêt à acheter du charbon anglais parce que le fret de Gijon aux ports de l'Espagne orientale était plus élevé que le fret d'Angleterre vers ces mêmes ports. Ainsi en 1905 l'on payait 9 à 10 pesetas la tonne de Gijon à Valence et 5 à 7 shellings (7 à 9 pesetas) d'Angleterre à Valence. L'achèvement des travaux entrepris au port de Gijon a contribué à réduire cette différence de prix.

L'industrie la plus importante à Barcelone est l'industrie textile. L'Espagne occupe un des premiers rangs

pour la filature du coton. Barcelone avec sa banlieue, Sabadell, Tarrasa, forme le centre le plus actif de la filature et du tissage.

Les statistiques montrent les progrès continuels de cette industrie.

Coton importé

Moyenne annuelle	1880-1884	48 000	tonnes
	1890-1894	60 000	»
	1900	78 000	»
	1903	80 000	»
	1906	82 000	»

A côté de la fabrication des tissus de coton qui ont toujours été sa principale industrie, la Catalogne s'occupe de plus en plus de la fabrication des lainages. Si elle n'en exporte que fort peu, le marché espagnol lui en demande chaque année davantage. Cette industrie, déjà très ancienne, existe dans plus de trente provinces, mais Barcelone et ses communes suburbaines interviennent pour plus d'un quart dans la production du royaume. L'importation des laines, grâce à la production nationale, est dépassée par celle du chanvre et du jute qui atteint en moyenne 20 000 tonnes : produits textiles et charbon représentent donc les 2/3 de l'importation de Barcelone.

Pour être complet ajoutons 20 000 tonnes de graines oléagineuses — Barcelone est, comme Marseille, un centre important pour la fabrication des huiles et du savon ; 5000 tonnes de peaux — le travail du cuir, comme l'origine de notre mot *cordonnier* le montre, est en Espagne une industrie des plus anciennes et vraiment nationale ; les chaussures et les articles de sellerie sont encore actuellement un des produits d'exportation les plus demandés dans les pays de langue espagnole ; 60 000 tonnes de bois — le déboisement est

en effet, un des maux dont souffre le plus l'agriculture de la péninsule ; 12 000 tonnes de machines et de produits métallurgiques indispensables aux industriels catalans ; 38 000 tonnes d'engrais chimiques, etc.

A l'importation donc, la fonction de Barcelone est surtout régionale ; mais comme à cause de son rayon d'action si court, Barcelone reçoit ses marchandises moins en vue d'une large distribution aux usines de son hinterland, que pour lui-même, pour les fabriques de sa banlieue et l'alimentation de son industrieuse et active population, il se fait que le rôle industriel et le rôle régional sont presque confondus.

Si par ses industries de la farine et des huiles, Barcelone rappelle un des traits du port de Marseille, par son importation de charbon et de coton le port de Gênes, à l'exportation, Barcelone rappelle le port italien par l'énorme disproportion entre le mouvement des marchandises à l'entrée et à la sortie, et le port français par l'importance de ses relations avec l'ancien empire colonial de l'Espagne.

Le commerce d'exportation est à Barcelone fort peu considérable et peu varié. Il ne comprend, pour ne citer que les articles de quelque importance, que des vins, du liège, des cotonnades et du savon, produits qui ne peuvent fournir la cargaison lourde que réclament les nombreux navires arrivés à Barcelone avec un chargement de charbon ou de coton. Aussi ces vapeurs quittent-ils Barcelone sur lest et vont-ils dans d'autres ports espagnols, italiens et algériens chercher un fret de retour plus rémunérateur.

L'état défectueux de son port encombré, les difficultés que crée la législation douanière espagnole qui autorise seulement pour un petit nombre d'articles les admissions temporaires, la situation géographique qui s'oppose au commerce de transit, suffisent à expliquer que Barce-

lone n'ait pu devenir un port d'entrepôt. Barcelone, à l'exportation, n'est qu'un port d'escale, si bien que les lignes de vapeurs au long cours ne l'ont pas choisi comme point de départ. Les compagnies espagnoles même, comme la Compaña Transatlantica, la Cº Larrinaga qui ont leur siège dans cette ville, font partir de Liverpool la ligne des Philippines cherchant ainsi à se procurer dans le Nord de l'Europe le fret qu'elles ne pourraient trouver dans les ports de la Méditerranée. Cette insuffisance des exportations de Barcelone, clairement indiquée déjà par les statistiques, est accrue par le fait de l'importance des relations de l'industrie catalane avec les provinces du littoral espagnol, ses meilleures clientes. Le cabotage très actif qui s'ensuit, organisé par une nombreuse flottille de petits voiliers d'un tonnage moyen de quarante tonnes, encombre le port et ravit une large part du fret de sortie aux vapeurs arrivés de la Mer du Nord.

Le nombre et surtout le volume des produits que Barcelone achète au Nord de l'Europe entraînent peut-être le mouvement de navigation le plus actif du port catalan. C'est en effet l'Allemagne et l'Angleterre qui lui envoient le plus d'objets fabriqués ; c'est de la Baltique que Barcelone reçoit une part importante de son bois, d'Islande et de Norwège ses 6000 tonnes de morue et de poissons séchés, d'Angleterre encore son charbon. Or c'est précisément vers ces pays que l'exportation industrielle catalane ne se dirige pas et ne peut même se diriger.

En dehors de l'Europe les relations de Barcelone ne sont actives qu'avec l'Amérique et les Philippines. Peu de ports méditerranéens sont aussi bien reliés que Barcelone à l'Amérique latine. Le commerce de l'Espagne avec l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud, son ancien domaine colonial, se fait surtout par Barcelone, comme celui de la France avec l'Algérie, l'Indo-

Chine et Madagascar se concentre à Marseille. De Galveston arrive le coton : Barcelone est, en somme, le seul port espagnol qui en importe ; vers la Havane, Tampico, Vera-Cruz, Buenos-Aires et Manille s'expédient les produits de l'industrie catalane. La similitude de race, de goûts, de coutumes explique que les populations des républiques sud-américaines soient restées fidèles aux produits de l'ancienne métropole. Au fur et à mesure que l'élément Yankee dominera aux Philippines, que l'émigration allemande, italienne ou slave augmentera dans les pampas de la Plata, cette exportation rencontrera de la part des industriels américains et européens une concurrence de plus en plus rude.

BILBAO

Comme la plupart des grands ports de l'Europe, Bilbao a un glorieux passé maritime, mais depuis trois siècles, la capitale de la Biscaye a subi une longue éclipse et souffre encore d'un grand discrédit. Au xve et au xvie siècle, Bilbao, centre d'un important mouvement d'affaires, était en relations suivies avec Bruges et les villes hanséatiques. Après la découverte du Nouveau Monde, son port, quoique dans une moindre mesure que Cadix, profita du nouveau trafic avec les Antilles. Les fers, les laines, les cuirs, les poissons fumés, les produits coloniaux étaient les principaux articles de son commerce. Survint la décadence de l'Espagne : Bilbao comme les autres ports déclina et d'autant plus que son orientation défectueuse, le manque de communications faciles avec le centre de la péninsule, son infériorité vis-à-vis de Santander plus favorisé par la nature concouraient à la ruine de sa prospérité maritime. Au commencement du xixe siècle, l'occupation des troupes françaises, les troubles de la guerre carliste, l'appau-

vrissement de la Biscaye rendent vain tout espoir de résurrection. En même temps, le rival de Bilbao, Santander (1), devient le grand port de commerce de la côte cantabrique.

C'est à la découverte de Bessemer et à la transformation de la métallurgie que Bilbao doit sa renaissance et ses rapides progrès. La Biscaye possède un des plus riches gisements de minerai de fer et notamment d'immenses réserves de minerai non phosphoreux. A partir de 1865, capitalistes, prospecteurs et ingénieurs parcourent le pays, des Compagnies se forment, des industries s'établissent, une nouvelle vie s'organise en Biscaye. Quelques chiffres donneront une idée des progrès réalisés dans la plus riche et la plus active des provinces basques.

Au début du XIXe siècle, la Biscaye ne comptait guère plus de 111 000 habitants; en 1860, elle n'en avait encore que 169 000, et 195 000 en 1870. Trente ans plus tard, en 1900, la population atteint le chiffre de 311 500, et sa densité dépasse celle de toutes les autres provinces du royaume.

La ville, de Bilbao s'est développée parallèlement. En 1800, elle comptait 8000 habitants ; en 1857, 17 000 ; en 1887, 50 700 ; en 1900, 83 000 ; en 1907, 94 500 et avec ses faubourgs 140 000.

En 20 ans, le trafic général du port a quadruplé :

	Importation	*Exportation*
1879	145 000 tonnes	1 195 000 tonnes
1900	973 000 »	4 833 000 »

(1) Situé à 50 milles de Bilbao, sur la rive N.-O. d'une grande baie, Santander est une escale importante pour les lignes transatlantiques se rendant au Mexique, aux Antilles et en Amérique du Sud. La Junta du port, constituée en 1873, a entrepris des travaux de dragage, la construction de deux darses, de quais d'embarquement et d'une cale de radoub de 132 mètres. Le trafic du port est passé de 364 000 tonnes en 1870 à 1 262 000 en 1906.

Il n'y avait en Biscaye que 26 kilomètres de chemins de fer en 1863 ; le réseau actuel dépasse le chiffre de 500, ce qui correspond à 1,45 kilomètre par mille habitants, alors que le pourcentage est de 0.80 seulement pour le reste de l'Espagne.

En 1870, Bilbao ne possédait qu'un seul établissement de crédit, la Banque de Bilbao fondée en 1858. Actuellement les sept établissements de la place disposent d'un capital social de 74 millions de pesetas exclusivement indigène. Pendant ces dernières années se sont fondées douze compagnies de navigation représentant un capital de 64 millions, vingt et une compagnies minières au capital de 110 millions ; ajoutez-y les compagnies de chemins de fer et d'électricité dont le capital global dépasse 90 millions. Les valeurs au porteur déposées dans les caisses des banques locales atteignaient en janvier 1907 la somme de 1 250 000 000 de pesetas (valeur nominale) ; les dépôts à la succursale de la Banque d'Espagne se montaient à 90 millions et les dépôts dans les caisses d'épargne à 120 millions.

Les mines de fer qui constituent le principal et véritable élément de la richesse de la Biscaye sont connues depuis des siècles. Mais bien qu'ayant toujours joui d'une excellente réputation, ces minerais ont fait pendant longtemps l'objet d'une exploitation fort restreinte. Traités sur place, ils n'avaient à répondre qu'aux besoins d'une consommation locale très limitée. Une fois le procédé Bessemer connu et adopté, la demande de minerais de première qualité ne tarda pas à devenir considérable dans le monde et les riches gisements de Biscaye furent d'autant plus appréciés que les réserves de l'Angleterre, de l'Allemagne et de la Belgique étaient fortement entamées. L'extraction anglaise, de 20 000 000 de tonnes en 1877, est tombée à 14 000 000 et l'importation annuelle, presque exclusivement espa-

gnole, atteint en moyenne 7 000 000 de tonnes (1). Encore s'en faut-il de beaucoup que ces 14 000 000 de tonnes ne renferment que des minerais non phosphoreux. L'Allemagne, malgré l'appoint des Minettes du Luxembourg et d'Alsace-Lorraine, achète à Bilbao et en Suède 5 000 000 de tonnes de minerai et l'on peut dire que, pour la fabrication de l'acier Bessemer, elle dépend de l'étranger.

La zone ferrifère part du S.-E. de Bilbao, passe par Somorostro et se continue jusque dans la province de Santander ; elle a une longueur de 40 kilomètres environ sur une largeur moyenne de 5 kilomètres. On a extrait de ces gisements plus de 100 millions de tonnes. En 1867, la production de minerai de fer n'atteignait pas encore 200 000 tonnes.

En 1870	elle monta à	400 000	tonnes	
» 1879	»	1 200 000	»	
» 1881	»	2 600 000	»	
» 1885	»	3 200 000	»	
» 1890	»	4 000 000	»	
» 1896	»	5 200 000	»	
» 1900	»	4 970 000	»	
» 1907	»	4 543 000	»	(2)

Le fret de sortie ne manquait donc pas à Bilbao (3).

(1) En 1907, il a été importé 7 276 000 tonnes de minerai de fer dont 5 712 000 venaient d'Espagne.

(2) Prix du minerai par tonne f. o. b. en 1907 :

Rubio 1e qualité	de 12 shellings	à	17
» 2e qualité	11	»	14
Campanil	13	»	17
Carbonate 1e qualité	14	»	17
» 2e »	10	»	12

(3) Fret de la tonne de minerai de Bilbao à

	Fret maximum (1907)	Fret minimum
Cardiff	4 shellings 6	3 shellings 7
Middlesbrough	5 » 9	4 » 1
Rotterdam	6 » 0	4 » 3
Dunkerque	6 » 0	4 » 7

Malheureusement, l'embouchure du Nervion qui relie la ville à la mer, était obstruée par une barre de sables mouvants où les navires ne trouvaient que 4 mètres de profondeur à la pleine mer des grandes marées. Aussi Bilbao s'était-il acquis une mauvaise réputation : par gros temps, les navires en partance étaient condamnés à attendre plusieurs jours avant de sortir du port, ou bien, à cause de l'orientation de la rade vers le N.-O., côté d'où soufflent les furieuses tempêtes du Golfe, les vapeurs venant du large étaient forcés de reprendre la mer pour éviter un naufrage à la côte. Sur le Nervion, les conditions de navigation n'étaient guère meilleures. La courbe d'Elorrieta ne livrait passage sans danger qu'aux bateaux de faible longueur. Dans la partie supérieure du fleuve, qui serpente dans une vallée étroite et sinueuse, une série de bancs (los churros) obstruaient le lit sur plus d'un kilomètre ; en fait, la navigation maritime s'arrêtait à Olaveaga où l'on opérait le transbordement des marchandises pour Bilbao.

La commission du port se constitua en 1877 et elle entreprit, sous l'impulsion et l'habile direction de l'ingénieur Evaristo Churrucca, l'exécution d'un double projet : approfondir le Nervion en amont d'Olaveaga, améliorer la partie inférieure de la rivière depuis cette localité jusqu'à l'embouchure.

A partir de 1888, le régime de la rivière fut entièrement transformé. Les coudes trop brusques furent remplacés par des coupures à rayons assez grands pour permettre commodément le passage de cargo-boats modernes. Des endiguements dans les parties trop larges ramenèrent le lit à des proportions convenables et des dragages en abaissèrent les hauts-fonds. Aujourd'hui la profondeur d'eau est de plus de 4 mètres sous marée basse de Bilbao à l'embouchure : avant ces travaux, des navires de 3 mètres de tirant d'eau ne

pouvaient remonter le Nervion jusqu'à Bilbao qu'à la pleine mer des grandes marées.

Les sables formant la barre provenaient à la fois de la partie inférieure de la rivière et des deux plages de Las Arenas et d'Algorta ; les courants les transportaient continuellement en sens divers suivant la direction des lames de tempête. En fixant le chenal du côté ouest et en prolongeant le môle de la rive gauche suivant une ligne légèrement courbe, il fut possible d'obtenir des profondeurs permanentes et d'obvier à tous les anciens inconvénients. Dans le chenal s'engagent maintenant des navires calant 20 et 22 pieds, alors qu'autrefois un petit vapeur dont le tirant d'eau ne dépassait pas 12 pieds n'aurait pas risqué l'aventure.

Le coût de ces travaux s'éleva à 16 millions de pesetas.

Restait la grosse partie du projet : abriter et couvrir l'entrée du port. Dans ce but fut décidée la construction sur la rive gauche d'un brise-lames de 1 150 mètres de long et d'un contre-môle de 1070 mètres amorcé à la rive droite et faisant face au premier. Le vaste avant-port de 280 hectares ainsi obtenu offre des fonds de 8 à 15 mètres et peut recevoir les plus grands transatlantiques. Son entrée, ou l'espace compris entre les extrémités des deux môles, est large de 600 mètres.

Ces travaux, terminés en 1903, ont coûté 39 000 000 de pesetas. Les travaux en cours d'exécution comportent des dragages supplémentaires destinés à approfondir le fleuve de façon à obtenir au minimum, par les plus basses mers, 6 mètres de profondeur dans la partie inférieure du Nervion et 5 dans sa moitié supérieure (1).

On a entrepris aussi la construction d'une jetée de 640 mètres de long et 180 mètres de large en eau pro-

(1) Entre Deusto et Olaveaga on enlève pour le moment 73 000 mètres cubes de rocs, et à Zorroza on améliore le coude du Nervion. Ces travaux coûteront 2 700 000 pesetas.

fonde, car actuellement, faute d'appontements, de quais et de matériel de débarquement dans l'avant-port, les grands navires qui ne peuvent remonter la rivière sont dans l'impossibilité d'accoster. Sur cette jetée seront construits des magasins et sur son prolongement, parallèle à la rive gauche, serait établie une voie ferrée en vue de relier la station de débarquement des passagers à la gare de Portugalete. Mais ces travaux commencés il y a peu de temps rencontrent de telles difficultés à cause de la nature rocheuse du terrain, que leur achèvement est devenu problématique. On préconise à Bilbao pour l'escale des transatlantiques la plage sablonneuse de Sestao où la construction d'un grand bassin serait très aisée. Les ingénieurs qui défendent ce projet répondent aussi de l'augmentation de profondeur à l'embouchure du Nervion nécessaire pour permettre aux grands vapeurs d'atteindre Sestao.

En 1906, 3352 navires représentant 2 391 000 tonnes sont entrés dans le port de Bilbao. Deux chiffres mettent bien en relief le caractère de son commerce : 994 000 tonnes de marchandises ont été importées en 1906, alors que 1 358 000 tonnes ont été exportées la même année.

Des vapeurs battant pavillon anglais, 576 sont entrés sur lest et 41 chargés ; 16 sont sortis sur lest et 601 chargés.

Bilbao est donc bien le type du port exportateur. A ce point de vue, il n'a jusqu'à présent qu'une importance purement locale, sa fonction est purement régionale puisque les 8/9 environ des marchandises exportées sont représentés par les minerais de son hinterland immédiat. Le rayon d'action de Bilbao ne s'étend guère au delà de la zone des mines de fer. Entre cette ville et Portugalete, sur la rive gauche du Nervion, se succèdent les embarcadères et les appontements où viennent

se décharger les wagonnets des compagnies minières et des compagnies de chemin de fer (1).

Aux 3 846 000 tonnes de minerai exportées en 1906, il faut ajouter 13 000 tonnes de fonte et quelques milliers de tonnes de rails et de produits métallurgiques. La présence de la matière première et la proximité relative du charbon ont permis à l'industrie du fer et de l'acier de se développer. Elle existe de temps immémorial en Biscaye, mais est restée pendant longtemps très rudimentaire parce que mal outillée. Son importance est de fraîche date et l'exportation de ses produits assez irrégulière (2).

Il existe encore d'autres industries assez actives en Biscaye, mais elles ne peuvent pas alimenter un grand commerce extérieur. Ce sont les conserves alimentaires, la fabrication des armes, le tissage du coton et du jute, la fabrication du papier, la construction des navires, etc.

En somme, le commerce d'exportation est prépondérant et il ne comprend qu'un seul article, le minerai. Dans ces conditions, il est permis d'envisager l'avenir de Bilbao avec une certaine appréhension. L'extraction ne progresse plus, elle est stationnaire depuis quelques années et l'épuisement des mines sans être prochain est néanmoins une éventualité qui exige des mesures de prévision. Il faudra donc mettre Bilbao en communication avec l'intérieur du royaume, étendre son rayon

(1) Exportation de minerai de Bilbao vers les principaux pays :

	1902	1903	1904	1905	1906	1907	
Angleterre	2 996 000	2 649 000	2 490 000	2 810 000	2 867 000	2 532 000	tonnes
Hollande (transit Allem.)	672 000	835 000	806 000	762 000	602 000	510 000	»
Allemagne	57 000	24 000	17 000		15 000	17 000	»
Belgique	224 000	297 000	284 000	283 000	174 000	134 000	»
France	199 000	215 000	238 000	104 000	182 000	112 500	»
Exportat. totale, autres pays compris.	4 196 000	4 028 000	3 846 000	3 960 000	3 846 000	3 311 500	»

(2) Exportation de fonte de Bilbao en

1905	1906	1907
38 000 tonnes	13 000	18 000

d'action pour lui permettre de drainer jusqu'à ses quais les produits plus variés de l'agriculture et de l'industrie nationales.

Or les communications actuellement existantes sont complètement insuffisantes. De voie fluviale, la condition *sine qua non* peut-on dire d'un grand mouvement de marchandises, il ne peut même être question. Par chemin de fer, Bilbao est relié à l'est à S. Sébastien (1) et à la frontière française ; à l'ouest, à Santander et à Oviédo, le principal centre charbonnier du royaume ; au nord, à Portugalete et à l'embouchure du Nervion ; au sud — c'est là la direction principale — à Miranda, point de jonction de la ligne internationale Paris-Madrid. Malheureusement la Compagnie du Nord fait une courbe énorme entre Miranda et Madrid, si bien qu'il faut 14 heures pour franchir les 560 kilomètres qui séparent Bilbao de la capitale : c'est du 40 à l'heure ! Différents projets ont été mis en avant pour rendre Bilbao indépendant de la Compagnie du Nord. Le premier consistait à construire, en droite ligne malgré les difficultés de montagne, une voie directe de Miranda à Madrid viâ Penafiel. Ce « Vasco-Castellano » terminé, Bilbao serait le port de la Péninsule le plus rapproché de la capitale. Il n'en serait éloigné que de 420 kilomètres, alors que Valence se trouve à 490 kilomètres de la capitale, Séville à 570, Barcelone à 680.

Ce projet n'est pas abandonné, mais le comité qui le patronne ne parvient pas à constituer le capital nécessaire à son exécution.

(1) Jusqu'en 1907, la ligne de Bilbao à S. Sébastien était coupée en trois tronçons appartenant chacun à une compagnie différente. La Société « Los Ferro-Carriles Vascongados », formée par la fusion des trois compagnies, a beaucoup amélioré le service et a pu dès la première année servir à ses actionnaires un dividende de 5 %. Son réseau vient d'être relié à la ligne Bilbao, Santander, Oviedo ; une fois la ligne stratégique Oviedo, La Corogne, Le Ferrol, Vigo achevée, le nord-ouest tout entier sera relié directement à la frontière française viâ Bilbao.

Il est aussi question de relier Miranda en droite ligne à Valence viâ Soria et Utiel. Cette ligne traversera des régions mal ou point desservies par le chemin de fer et produisant en abondance du vin, des céréales et d'autres produits agricoles dont l'exportation est aujourd'hui impossible. Les partisans de ce tracé veulent même attirer à Bilbao les oranges et les fruits de la province de Valence dont le grand débouché est l'Angleterre, et diminuer ainsi de près de moitié la durée du voyage en mer. Mais comment vouloir lutter contre les transports maritimes par des voies construites à grands frais, où les travaux d'art porteront très haut le coût du kilomètre ?

En somme la question capitale, la question des communications faciles, celle qui permettra à Bilbao d'étendre son rayon d'action en dehors de la zone étroite des mines de fer, la question des transports rapides et économiques est loin d'être résolue. L'industrie espagnole pourrait-elle d'ailleurs alimenter un commerce d'exportation assez actif pour en faire vivre plusieurs ports ? Beaucoup entrevoient dans les républiques de l'Amérique du Sud le débouché nécessaire à cette expansion : ce n'est pas l'Europe, en effet, ni l'Amérique du Nord qui formeront jamais la clientèle de l'industrie espagnole.

Avant la guerre hispano-américaine, une grande partie des échanges de la Péninsule se faisait avec les Antilles et les Philippines. Après le traité de Paris, l'Espagne songea à compenser la perte de ces marchés coloniaux par une augmentation de trafic avec les États qui constituaient autrefois les Indes de Castille. « Il faut, écrivait le ministre Silvela, que nous dirigions nos regards vers ce continent où vit la race de nos frères, où se rencontrent des éléments de richesse et de développement de tout genre, où nous devons trouver l'appui nécessaire pour que notre personnalité européenne

prenne un relief que nous autres, par nos seuls moyens, enfermés dans l'horizon restreint de notre vie intérieure, nous ne pourrons jamais lui procurer. » Ces idées d'expansion nouvelle amenèrent la fondation de l'Union ibéro-américaine dont le but est de resserrer tous les liens entre peuples de sang espagnol des deux mondes. Bilbao dispute à Barcelone l'honneur de devenir le grand centre importateur et exportateur du commerce ibéro-américain.

Le mouvement direct des échanges de Bilbao avec les Antilles et l'Amérique latine ne remonte pas au delà de dix ans. Ce sont les Allemands qui, même avant les gens du pays, semblent avoir compris à ce point de vue l'avenir du port biscayen. En août 1899, un transatlantique de la Hamburg-Amerika vint faire escale à Bilbao, et cette société fit connaître par une large publicité qu'elle y enverrait chaque mois un grand vapeur (1). Les commencements furent plus que modestes : à son premier voyage le steamer allemand ne trouva que 39 tonnes de marchandises et, dans l'ensemble de 1899, l'exportation vers l'Amérique ne s'éleva qu'à 550 tonnes. Mais dès l'année suivante le mouvement s'accentuait, et il atteignit

en 1900	5600	tonnes,	valant	3 000 000	pesetas
1901	8000	»	»	5 400 000	»
1902	7480	»	»	4 600 000	»
1903	9000	»	»	6 800 000	»
1904	11 000	»	»	8 700 000	»
1905	24 800	»	»	13 700 000	»
1906	42 800	»	»	18 100 000 (2)	»

Malheureusement, l'exportation espagnole vers les pays de l'Amérique latine comprend surtout les vins et

(1) Moniteur officiel du commerce, 6 sept. 1906. Supplément 541.

(2) Statistiques espagnoles. A Bilbao même on reproche aux statistiques du royaume d'être incomplètes, inexactes et de paraître trop tard !

les conserves et quelques produits de l'industrie nationale, comme le papier, les cotonnades, les armes. En raison même de sa nature, ce commerce n'est guère susceptible de grand développement. D'un côté comme de l'autre, ce sont des produits alimentaires, des matières premières que l'on exporte principalement, tandis que l'importation comprend avant tout des produits manufacturés. Les huiles, les vins, les fruits d'Espagne, son sucre même et ses cotonnades rencontrent sur les marchés de Buenos-Aires, de Valparaiso et de Vera-Cruz la concurrence des fournisseurs européens d'abord, comme la France, et surtout celle des industries locales. Le Chili et l'Argentine, par exemple, cherchent déjà à vendre leurs vins à l'étranger ; l'Argentine favorise l'exportation du sucre, le Mexique celle des tissus de coton. En outre, les républiques latines sont carrément protectionnistes et cette politique douanière est pour elles une des ressources principales de leur budget. L'industrie espagnole, dont on ne peut méconnaître les récents progrès, n'est-elle pas trop habituée à se contenter, grâce aux tarifs ultra-protectionnistes, du quasi-monopole du marché intérieur, pour pouvoir lutter efficacement contre ses concurrents sur les marchés étrangers? L'exportation de produits manufacturés qui sans doute va croissant, n'est-elle pas quelque peu artificielle, soutenue qu'elle est par des mesures qui permettent aux industriels de pratiquer le dumping-system dont se plaint tant le consommateur américain ?

Sans vouloir donner raison aux pessimistes, il semble néanmoins que l'on ait vu trop grand à Bilbao quand on a prédit à courte échéance l'importance internationale du port biscayen. Situé au fond du golfe de Gascogne, Bilbao, comme escale des transatlantiques français, allemands et anglais, est moins favorisé que La Corogne et Vigo qui se trouvent sur la ligne de l'Amérique du Sud et des Antilles. Pour y débarquer mar-

chandises et passagers un détour sera nécessaire : les Compagnies ne s'y résoudront que si l'ampleur du nouveau trafic en compense les inconvénients.

La Biscaye ne compromet-elle pas l'avenir de son port en exportant tout son minerai ? A Bilbao, des personnalités en vue souhaiteraient voir remettre en vigueur l'ancienne législation qui interdisait l'exportation du minerai. Au lieu d'alimenter les hauts-fourneaux de l'étranger par une exploitation intensive, le rubio traité sur place pourrait faire surgir sur les bords du Nervion l'activité industrielle des bords de la Ruhr ou de la Sambre. Sans cela, une fois les gisements épuisés, il est fort à craindre que Bilbao, impuissant à se défendre, ne soit détrôné par Gijon et Oviédo, port et centre du bassin houiller.

Il nous reste à ajouter quelques mots sur le commerce d'importation qui, en poids, n'atteint même pas le quart du commerce d'exportation. Si ce dernier se compose de minerai de fer dans une proportion de 80 °/₀, plus des 2/3 de l'importation ne comprennent que du charbon.

Ainsi sur 994 000 tonnes de marchandises débarquées en 1905,

572 000 représentent le charbon venu de l'étranger
137 000 » » arrivé par cabotage
Total 709 000.

Cette importation va croissant chaque année à cause du développement de l'industrie dans la région voisine de Bilbao. La consommation de charbon y a atteint 780 000 tonnes en 1907 : 474 000 seulement venaient de l'étranger et 306 000 d'Espagne. A cause du nouveau droit d'entrée élevé en 1906 de 2,50 pesetas à 3,50 pesetas or, l'importation de charbon anglais est tombée de 530 000 tonnes en 1906, à 468 500 en 1907.

Les autres marchandises débarquées (199 000 tonnes

de l'étranger. 65 000 arrivées par cabotage) sont toutes destinées à la consommation locale : 26 000 tonnes de chanvre. 65 000 tonnes de coke, 30 000 tonnes de nitrate et de phosphate pour l'agriculture. 11 000 tonnes de pâte à papier. 8000 tonnes de produits métallurgiques. 7000 tonnes de machinerie. 5000 tonnes de pétrole. 30 000 tonnes de grains, 12 000 tonnes de poissons séchés, et 40 000 tonnes de bois.

Barcelone et Bilbao ont devant eux un avenir de prospérité modeste. La pauvreté relative de la péninsule, réduite à un commerce de 1 900 000 000 de pesetas pour une population de 18 millions d'habitants, alors que la Suisse atteint le chiffre de 2 700 000 000 de francs avec 3 millions habitants, restera longtemps encore une cause de lenteur dans le développement des ports catalans et biscayens. Comme en France, la grande étendue des côtes de l'Espagne offre aux exportateurs de grandes facilités et entraîne pour beaucoup de ports un courant de trafic dont l'extrême division empêche la formation de grands centres commerciaux. Trop nombreux pour recevoir chacun de l'État des crédits suffisants, atrophiés par la concurrence de leurs voisins, les ports espagnols resteront forcément des ports de deuxième et de troisième ordre. Le relief du pays accentue d'ailleurs cette situation. Divisé par les chaînes de montagnes et les pentes du plateau central en plusieurs provinces isolées les unes des autres, le pays ne possède pas, comme l'Argentine par exemple, cette facilité de concentration, cette unité économique qui fait la force de Buenos-Aires. Chaque port doit se contenter du trafic réduit de sa zone étroite et, s'il veut étendre son rayon d'action jusqu'au cœur du pays, le coût élevé des transports par terre décourage ses efforts de pénétration.

Il est cependant des considérations qui permettent

d'envisager l'avenir avec confiance. La production du charbon qui de 1850 à 1896 n'est passée que de 128 000 tonnes à 1 500 000, a doublé pendant les dix dernières années. Le commerce extérieur de 1896 à 1907 est monté de 1 milliard 400 millions à 1 milliard 900 millions. Les recettes des chemins de fer sont en augmentation. Le crédit s'est amélioré : la rente extérieure 4 °/₀ arrêtée à 65 avant les hostilités, tombée à 44 pendant la guerre, est remontée graduellement et par étapes à 97. La situation de la Banque d'Espagne s'est assainie : l'encaisse or a doublé de 1895 à 1907, passant de 200 millions à 394, et le remboursement des Pagarès s'est effectué régulièrement. Les travaux d'irrigation viennent de recevoir une vigoureuse impulsion ; les récents efforts du Gouvernement dans cette voie peuvent ranimer l'agriculture espagnole dont les produits sont parmi les plus rémunérateurs : céréales, oranges, olives, coton trouvent devant eux un marché sûr et bien payant. L'Espagne ne pourrait-elle pas recueillir dans les industries des vins et des soieries les encourageants bénéfices qui enrichissent sa voisine ? Elle extrait de son sol les minerais les plus demandés, fer, cuivre, plomb, et les métaux plus rares, mercure, argent, étain, manganèse. Malheureusement, en dehors de la Catalogne et de la Biscaye, le relèvement économique de l'Espagne préoccupe trop peu les sujets d'Alphonse XIII. Sans flatterie, n'est-il pas permis de reconnaître que si la fonction économique des ports du N.-O. de l'Europe a atteint l'importance qui les distingue, ceux-ci le doivent sans doute à une situation géographique avantageuse, mais surtout au travail persévérant, à l'esprit d'initiative, à l'activité industrielle qui caractérisent les populations de leur hinterland.

J. Charles, S. J.

XXII

BUENOS-AIRES

Nous examinerons successivement :

I. — La fonction économique du port de Buenos-Aires : importation — exportation — transit et réexpédition — hinterland — trafic maritime.

II. — Les installations générales et spéciales, ainsi que l'administration.

III. — La situation actuelle.

I

Importation. La valeur totale des importations en République Argentine, s'élevait, en 1905, à 205 millions pesos or, dont Buenos-Aires a reçu pour sa part 187 millions, soit 90 % du total.

C'est là le premier fait caractéristique du trafic de ce port, qui détient pour ainsi dire le monopole des importations dans la République.

Si nous détaillons les chiffres de ce commerce d'importation, nous constatons que sur les 816 rubriques dont se compose le tarif douanier argentin, plus de 300 font l'objet d'une importation dont la valeur est d'au moins 20 fois supérieure à Buenos-Aires qu'à Rosario, et qu'en outre, pour 42 autres rubriques, cette valeur est au moins 100 fois plus élevée.

Le graphique ci-après (fig. 1) permettra de comparer les importations à Buenos-Aires, à Rosario et dans les autres ports de la République.

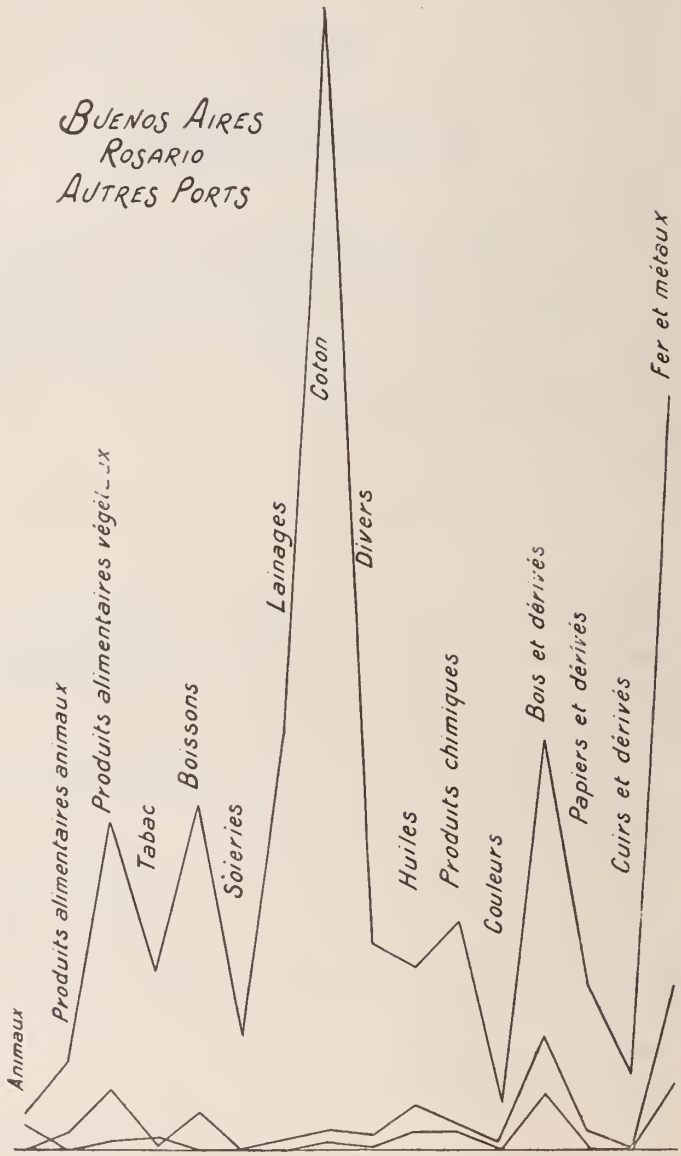


Fig. 1. — Diagramme supérieur, Buenos-Aires; diagramme moyen, Rosario; diagramme inférieur, autres ports.

A quoi faut-il attribuer ce monopole ? Il résulte, à notre avis, du concours de plusieurs circonstances :

1° Jusqu'en 1777, Buenos-Aires jouit du monopole *légal* du commerce d'importation non seulement avec les provinces de l'ancienne vice-royauté de la Plata, mais encore avec le Chili et le Pérou. C'est grâce à cette situation juridique que l'activité commerciale se concentra à Buenos-Aires et s'y maintint même après l'abolition du monopole par le vice-roi Cevalos.

Ceci fut d'autant plus facile que jusqu'en 1880 Buenos-Aires resta un port colonial desservant un pays aux besoins restreints où il n'y avait pas place encore pour un organisme concurrent.

2° Buenos-Aires a une population absolument disproportionnée avec les chiffres de la population totale du pays. En 1902, date du dernier recensement général, celle-ci était d'environ 5 millions dont 865 000 occupaient la ville et 344 000 la province de Buenos-Aires ; c'est-à-dire que 1 209 000 habitants (soit 24 % de la population totale) se concentraient dans les environs immédiats du port.

3° Cette population, très dense par elle-même, a une capacité et une qualité consommatrice beaucoup plus grandes que celle des autres provinces. Buenos-Aires est en effet le centre intellectuel et la ville de luxe de la République. Les habitants fortunés de l'intérieur viennent y dépenser pendant les mois d'hiver la majeure partie de leurs revenus. Aussi la vie d'hôtel y est-elle très développée. Sous le rapport de la clientèle de luxe et de ses facultés consommatrices, Buenos-Aires peut être comparée à nos villes d'hivernage de la Côte d'azur.

Les chiffres du tableau ci-dessous nous donnent la répartition dans le port des marchandises débarquées. Il nous faut noter, dès à présent, le tonnage de réexpé-

dition directe par chemin de fer et celui du transbordement (spécialement vers la Boca) et du transit direct.

MOUVEMENT DES MARCHANDISES EN 1903.

Importations.

Reçu dans les dépôts de la douane de la Boca, de la darse sud et des bassins	311 612	Tonnes
Bureau des ventes publiques, des échantillons et des colis postaux, Arsenaux et Poudrières	2 416	»
Réexpédition directe (par chemin de fer)	298 623	»
Dépôts particuliers, Catalinas Nord, Sud et Barracas	161 146	»
	773 797	Tonnes
Charbon et coke	899 433	»
Transbordement et transit (approximativement)	400 000	»
Total	2 073 230	»

Exportation. La ville et la province de Buenos-Aires ont une température moyenne de 15° environ. La hauteur annuelle des précipitations varie entre 600 et 1000 m m. Ces conditions climatériques jointes à l'abondance de la main-d'œuvre expliquent les emblavements très denses qu'on y rencontre et font au port une situation privilégiée puisqu'il draine immédiatement une des parties les plus favorisées de la République. Le tableau suivant nous renseignera sur les exportations de Buenos-Aires.

Exportations.

Céréales	1 480 642 478	kilos
Grains	2 282 009	»
Légumineuses	2 414 586	»
Oléagineuses	283 835 710	»
Produits végétaux	87 111 757	»
Fourrages	154 093 694	»
Bois	61 552 647	»
Matières osseuses	25 667 907	»
Huiles	165 695	»
Viandes salées	7 012 482	»
Viandes congelées	53 509 689	»
Produits animaux	39 250 338	»
Produits conservés	5 958 908	»
Produits minéraux	2 587 672	»
Autres produits	731 289	»
Plumes	95 246	»
Crins et laines	157 199 650	»
Cuirs bruts	42 196 045	»
Peaux	39 349 708	»
Peaux d'oiseaux	5 249	»
Cuirs tannés et travaillés	2 219 606	»
Cendres	6 447 353	»
Minerais	524 283	»
Résidus de toutes classes	501 570	»
	2 457 855 661	kilos

Animaux sur pied.

Chevaux	7 769
Brebis	144 112
Bœufs	40 930
Mules	14 604
Anes	7 735
Porcs	25

Transit et réexpédition. Buenos-Aires n'a, à proprement parler, qu'un transit de réexpédition des marchandises étrangères importées.

Par voie fluviale et maritime, ce port réexporte pour environ 25 millions de pesos or de produits étrangers nationalisés, en plus de 5 millions de $ or expédiés en Uruguay et au Paraguay. Quant à la distribution de ce transit fluvial, on pourra s'en rendre compte en jetant un coup d'œil sur la carte (fig. 2), où nous avons porté en face de chaque port fluvial la valeur en $ or des marchandises nationales et nationalisées reçues de Buenos-Aires.

Il ne nous a malheureusement pas été donné de retrouver la valeur ou le tonnage des réexpéditions par chemin de fer. Tout ce que nous savons, c'est que la réexpédition directe comprend 300 000 tonnes.

Donc le transit fluvial représente 16 % de la valeur des importations totales, le transit par chemin de fer 1 % du tonnage total débarqué, abstraction faite des cokes et charbons et des marchandises transbordées ou transitant directement par allèges.

Reliement au hinterland. Quelque paradoxale que la chose paraisse, la facilité de communication résultant du fait que Buenos-Aires est situé près de l'embouchure des Rio Uruguay et Parana nuit plutôt qu'elle ne sert à son développement.

Les vapeurs calant jusque 22 pieds remontent en effet facilement le Paraguay jusque Santa Fé à 430 km. de son embouchure. Ils brûlent donc l'étape de Buenos-Aires et vont charger directement aux lieux de production. Il s'ensuit dès lors que le trafic d'exportation du moyen fleuve échappe à notre port. C'est presque uniquement par chemin de fer que lui arrivent les produits à embarquer par navires de mer.

Voici les quantités amenées par chacune des lignes

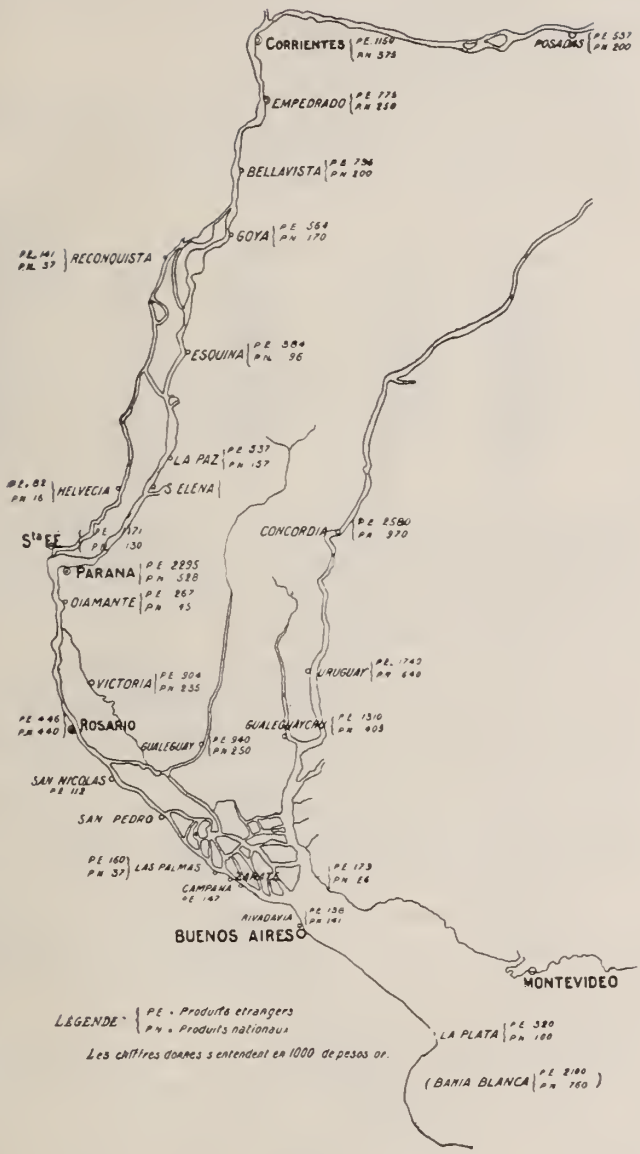


Fig. 2.— Légende : P. E., PRODUITS ÉTRANGERS ; P. N., PRODUITS NATIONAUX. Les chiffres donnés s'entendent en 1000 de pesos or.

ferrées desservant Buenos-Aires. Nous n'avons noté que celles qui, suivant toute probabilité, ont fait l'objet d'une opération d'affrétement.

Tableau des marchandises nationales déchargées à Buenos-Aires par les différentes lignes de chemin de fer :

	F. C. (1) Sud	F. C. Ouest	F. C. Pacifique	F. C. Central Argentin	F. C. Buenos-Aires et Rosario.
Laines	70 000 t.	30 000 t.	1 300 t.	1 700 t.	1 000 t.
Cuirs en laine	11 000 t.	5 750 t.	205 t.	1 000 t.	1 300 t.
Cuirs	4 500 t.	4 600 t.	250 t.	2 250 t.	3 600 t.
Froment	300 000 t.	395 000 t.	202 000 t.	20 500 t.	9 500 t.
Maïs	170 000 t.	190 000 t.	133 000 t.	118 500 t.	4 000 t.
Lin	20 000 t.	25 000 t.	66 000 t.	47 000 t.	3 000 t.
Farines	1 000 t.	120 t.	1 100 t.	4 600 t.	3 000 t.
Suif	1 200 t.	750 t.	650 t.	—	680 t.

Il ne faut pas cependant conclure de ces chiffres que l'expédition à Buenos-Aires par voie fluviale soit quantité négligeable, bien qu'elle soit sensiblement inférieure aux arrivages par chemin de fer.

Nous avons essayé de représenter graphiquement dans la carte (fig. 3) le mouvement des marchandises arrivant par bateau de l'intérieur et débarquées à Buenos-Aires.

De la consultation des cartes n° 1 et n° 2, rapprochées du tableau précédent, le lecteur retiendra une vue d'ensemble sur le trafic général du port de Buenos-Aires, en ce qui concerne notamment la distribution des importations vers l'intérieur du pays et l'arrivage, tant par voie fluviale que par voie de fer, dans le port, des produits à exporter.

De ces diverses constatations, nous conclurons donc que Buenos-Aires est le principal et même l'unique centre des importations de la République : il en est

(1) F. C. = Ferro Carril.

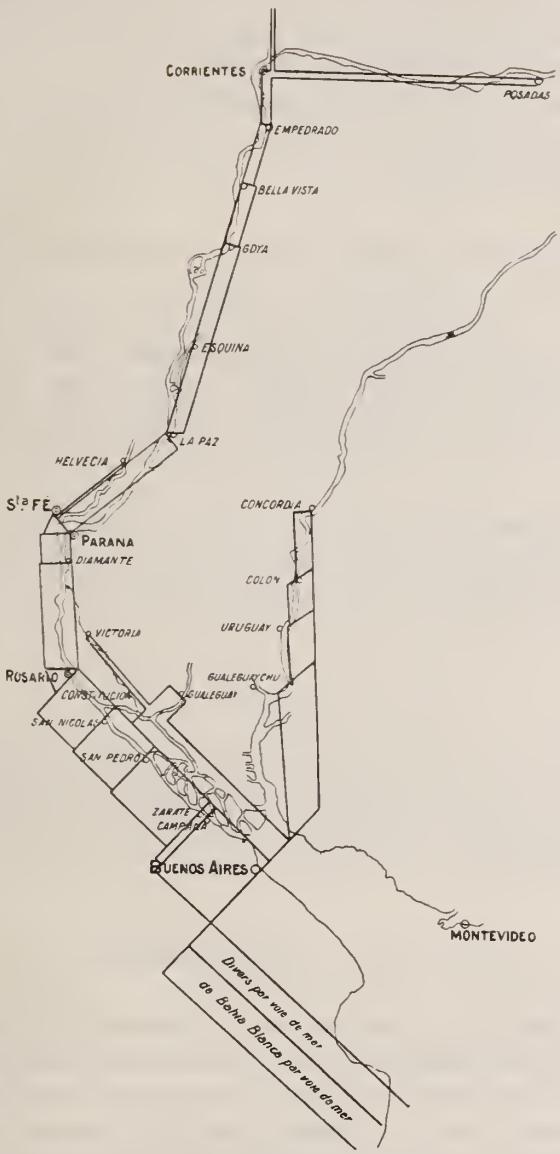

CORRIENTES
POSADAS
EMPEDRADO
BELLA VISTA
GOYA
ESQUINA
LA PAZ
HELVECIA
Sta FE
PARANA
DIAMANTE
CONCORDIA
COLON
URUGUAY
VICTORIA
ROSARIO
GUALEGUAY
GUALEGUAYCHU
SAN NICOLAS
SAN PEDRO
ZARATE
CAMPANA
BUENOS AIRES
MONTEVIDEO
Dunes par voie de mer
de Bahia Blanca par voie de mer

Fig. 3.

encore et surtout le marché-dépôt. Pour l'exportation, il reçoit ses marchandises en majorité par chemin de fer et manipule principalement les grains, les dépouilles d'animaux et les animaux vivants.

Trafic maritime. Le mouvement maritime et le trafic de cabotage du port se trouvent résumés dans le tableau suivant.

Mouvement des navires dans le port de Buenos-Aires.

	OUTRE MER		CABOTAGE		MOUVEMENT TOTAL	
	Navires	Tonnes	Navires	Tonnes	Navires	Tonnes
Vapeurs : Entrée	1456	3 224 780 67	2367	1 189 197 28	3823	4 413 977 95
» Sortie	1439	3 169 174 59	2391	1 185 844 36	3830	4 355 018 95
Voiliers : Entrée	208	206 764 47	9664	630 987 61	9872	837 752 08
» Sortie	196	194 717 92	9780	623 148 86	9976	817 866 78
Totaux :	3299	6 795 437 65	24202	3 629 178 11	27501	10 424 615 76

On remarquera que Buenos-Aires reçoit des navires d'un tonnage relativement élevé et qu'il est en même temps un centre de cabotage extrêmement important.

II

Voyons maintenant comment le port a été approprié à sa fonction, quelles sont les installations générales et spéciales qu'il met à la disposition du commerce, et comment il est administré.

1. INSTALLATIONS GÉNÉRALES.

Le port fut construit sur les plans et d'après le projet présentés au Congrès National en 1882 par M. Edouard Madeiro. Le pouvoir exécutif fut autorisé à s'entendre avec ce dernier pour la construction des magasins et des bassins, en mettant à la disposition de l'entreprise une somme de 100 millions de francs. La

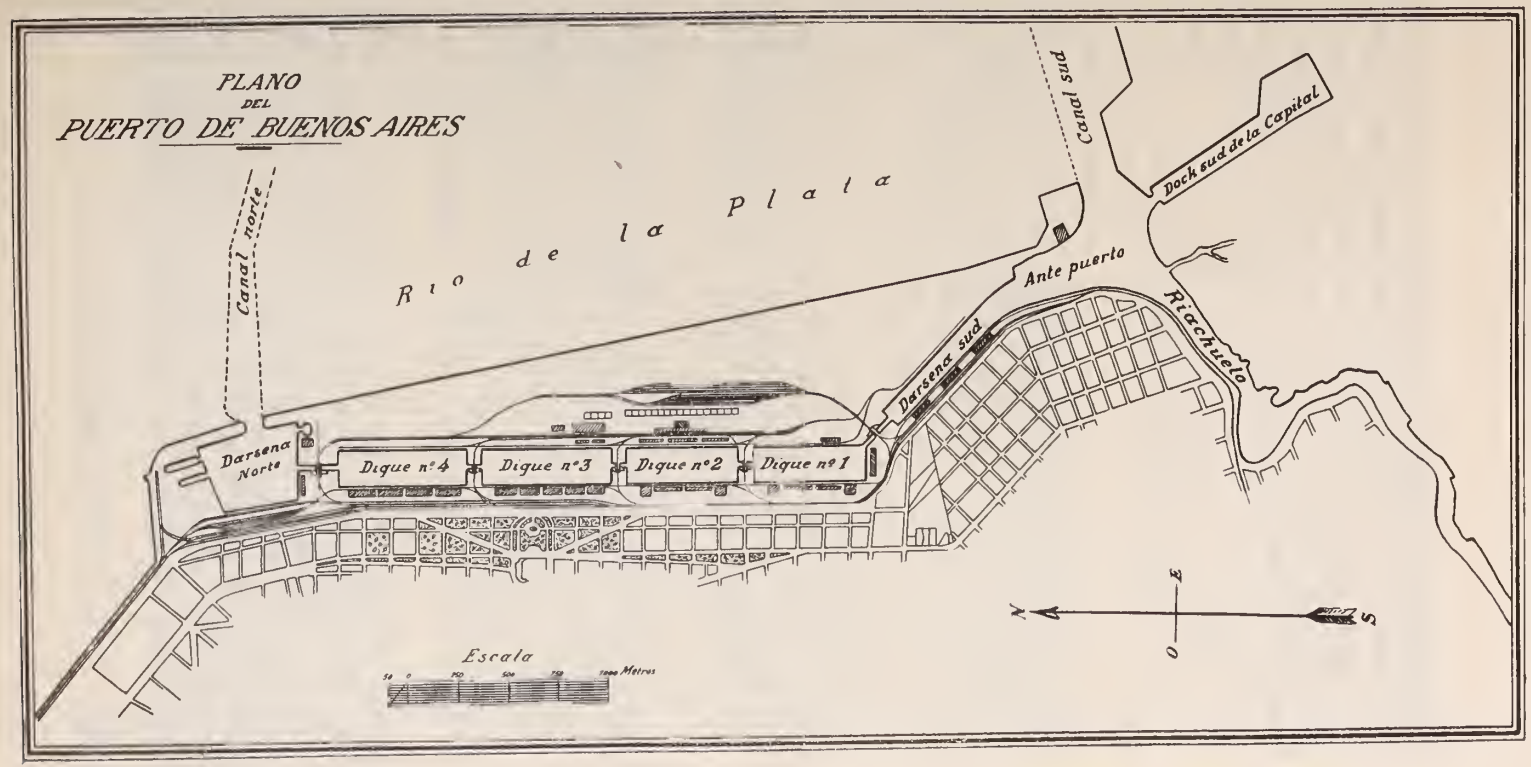
loi plaçait les travaux sous la surveillance d'un ingénieur spécialiste ; le choix se porta sur M. Hawkshaw qui fit, en 1885, les études nécessaires. Les travaux, commencés en 1887, furent complètement terminés en 1898. Voici, d'après l'ouvrage de M. Carmona, une description rapide du port. On peut le diviser en trois parties : le Port Madeiro, le Riachuelo et les Docks Sud (fig. 4).

A. *Port Madeiro*. Le port Madeiro s'étend à l'Est de la ville. Il se compose de deux avant-ports : la darse Nord et la darse Sud, entre lesquelles s'étendent quatre bassins éclusés, à niveau constant, et numérotés de 1 à 4, en partant du Sud. La défense du port est assurée par un mur, partie en pierres, partie en bois, de près de 5000 mètres.

L'avant-port Sud a une longueur de 930 mètres et une largeur de 120 mètres ; sa profondeur est de 22,3 pieds environ sous le niveau des basses eaux ordinaires.

Sur les quais de l'avant-port, se trouvent les dépôts de charbons particuliers et ceux du Gouvernement. Le principal concessionnaire est la maison Wilson, Sons and C°, qui a construit à ses propres frais un quai en bois de 150 mètres muni de grues. Sur le côté Ouest, un quai en bois de 1000 mètres, avec trois hangars appartenant à la douane, sert généralement à la réception des passagers. Toute la darse est munie de 15 grues hydrauliques.

Elle communique avec le bassin n° 1 par un canal de 185 mètres de long et de 20 mètres de large, aboutissant à une écluse de 135 mètres. La largeur de l'écluse est de 20 mètres au plafond et sa profondeur de 21,9 pieds sous le zéro fictif. Les bassins se suivent en enfilade. Les bassins 1 et 2 ont chacun 570 mètres de long sur 120 mètres de large, avec 1420 mètres de quai et une profondeur de 23,9 pieds. Le bassin 3 a une longueur de 682 mètres et le bassin 4 de 630 mètres,


PLANO
DEL
PUERTO DE BUENOS AIRES
Canal norte
Río de la Plata
Canal sud
Dock sud de la Capital
Ante puerto
Riachuelo
Darsena sud
Darsena Norte
Dique nº 4
Dique nº 3
Dique nº 2
Dique nº 1
N
S
E
O
Escala
Metros

avec une largeur de 160 mètres. Nous décrirons les installations et l'armement de chacun des bassins quand nous étudierons les installations spéciales pour l'embarquement des grains et des animaux vivants, et les dépôts des marchandises.

Le bassin 4 est relié à l'avant-port Nord par un canal de 25 mètres de large et 197 mètres de long, muni de deux paires de portes d'écluses. La forme de l'avant-port Nord est celle d'un pentagone irrégulier s'ouvrant sur le canal Nord par un pertuis de 100 mètres. Cet avant-port n'a rendu, jusqu'à présent, que fort peu de services par suite de ressac violent qui y règne. On espère remédier à cet inconvénient en construisant des défenses parallèles au canal Nord. Les travaux du port Madeiro ont coûté la somme énorme de 178 millions de francs.

B. *Port du Riachuelo.* Le port de la Boca del Riachuelo est formé par l'embouchure de la rivière du même nom. Il a une profondeur de 19 pieds et abrite les vapeurs chargés de charbons ou de pétrole, les navires du cabotage et les allèges. Sur la rive gauche, on trouve un quai en bois de 4300 mètres et les entrepôts des particuliers; sur la rive droite, un quai de 1200 mètres armé de 23 grues électriques et appartenant à la Société des chemins de fer du Sud.

Les travaux de ce port ont fait l'objet d'une concession qui, après certaines vicissitudes financières, passa entre les mains d'un syndicat de capitalistes argentins pour le compte desquels s'effectuent aujourd'hui la régularisation et la canalisation du Riachuelo et du Rio Matansas.

C. *Docks Sud.* La construction de ce bassin fut concédée à la maison Angulo & C° en 1888. La loi lui accordait licence de creuser à ses frais et d'exploiter pour son compte un canal de navigation partant de l'avant-port du Riachuelo et se terminant près de la

station Mitré du chemin de fer de la Enseñada. Les concessionnaires recevaient, en outre, l'autorisation de construire des dépôts, des voies ferrées et 4000 mètres de quais. Jusqu'à présent, on a construit 920 mètres de canal terminé par un bassin de manœuvres. La profondeur est de 7 mètres en dessous du zéro de l'échelle, et la largeur de 90 mètres. Ce dock Sud rend de grands services au commerce en soulageant le port Madeiro déjà trop encombré.

D. *Chenaux d'accès*. Le groupe d'installations que nous venons de décrire est relié au fleuve par deux chenaux, appelés Canal du Sud et Canal du Nord. Le canal du Sud part de l'embouchure du Riachuelo et se dirige, sensiblement en ligne droite, vers le phare Colonia. Le canal du Nord part de la darse Nord en se dirigeant vers le phare de la Rade.

Le premier a une longueur de 17 kilomètres et se rencontre avec le canal du Nord au 8,20 kilomètres. Celui-ci a une longueur de 9800 mètres.

En novembre 1900, on décréta le prolongement des chenaux d'accès au port, en suivant la direction du canal Nord. Les travaux furent commencés en 1902, et au bout de onze mois de dragage, le chenal fut ouvert, en ligne droite, depuis la darse Nord jusqu'au fond de 22 pieds, avec une largeur de 100 mètres à la base et une longueur de 22 kilomètres. Le chenal est repéré et balisé de kilomètre en kilomètre.

2. INSTALLATIONS SPÉCIALES

Le port de Buenos-Aires devant desservir un trafic nettement caractérisé, il est naturel que nous y trouvions des installations spéciales pour l'embarquement des grains, des animaux sur pieds, la réception de ces animaux, le débarquement des immigrants et l'entreposage des marchandises.

A. *Elévateurs à grains*. La plupart des céréales exportées par Buenos-Aires y arrivent par chemin de fer. L'embarquement s'en fait généralement à bras. Cette façon de procéder a deux grands inconvénients : la manœuvre est lente, et les wagons servent de dépôts, au grand détriment des cultivateurs de l'intérieur qui, faute de wagons disponibles, ne peuvent expédier leur marchandise en temps utile et avant le commencement de la mauvaise saison.

C'est pour cela que le Congrès national sanctionna, en 1901, une loi qui accordait pour 40 ans une concession de 12 000 m² aux compagnies de chemin de fer Central Argentin et Buenos-Aires à Rosario. Sur le terrain situé à la partie Est du bassin n° 2, on construisit des élévateurs à grains, avec les magasins nécessaires. Peu de temps après, la maison Bunge, Born & C° obtint une concession de 11 000 m² au quai Est du bassin n° 3, dans le même but et sous les mêmes conditions. Plus tard, cette même maison acheta au Gouvernement un terrain contigu de 32 000 m² afin d'y établir un moulin. Les élévateurs des bassins n° 2 ont une capacité totale approximative de 100 000 tonnes de céréales en sacs et peuvent charger simultanément 9600 tonnes en trois vapeurs. Ils sont munis de deux machines nettoyant chacune 80 tonnes de céréales par heure. Ces élévateurs sont construits avec les derniers perfectionnements. Ceux de la maison Bunge, Born & C° ont une capacité égale. Derrière ceux-ci, se trouve le moulin du Rio de la Plata appartenant à la « Société anonyme de Minoterie et élévateurs à grains ».

B. *Embarcadères d'animaux*. Buenos-Aires exportait annuellement une quantité considérable de bétail sur pieds (voir tableau I). Cette quantité a considérablement diminué, de sorte que les installations sont trop grandes pour les besoins actuels. Les deux embarcadères se trouvent établis l'un sur le côté Est du bassin

n° 1, l'autre sur le côté Est du bassin n° 4. Ces embarcadères doivent répondre à certaines conditions qui sont énumérées dans la loi de police sanitaire animale amplifiée par le règlement exécutif du 15 février 1902.

Conformément aux articles 43 à 58 de ce règlement, tout animal destiné à l'exportation doit être tenu en observation sanitaire vingt-quatre heures avant son embarquement (article 45), et tout animal de race ovine doit être soumis dans l'embarcadère, à un bain antisarne, le tout sous la surveillance des vétérinaires du Gouvernement. D'après la même loi, l'embarquement doit se faire sans interruption de jour ou de nuit : les corals de séjour doivent être munis d'abreuvoirs abondamment pourvus d'eau propre, et de mangeoires d'un nettoyage facile. En règle générale, pour éviter l'infection d'un lot entier d'animaux, on divise chaque coral en une série de compartiments. C'est le cas par exemple pour la concession appartenant à MM. Zabala & Cie, ainsi que pour la concession de l'ancienne Compagnie Cibils. Ici, l'embarcadère entier est divisé en 19 compartiments indépendants, recouverts sur un tiers de leur superficie par un hangar sur le toit duquel on a installé les bergeries. L'embarquement se fait au moyen de passerelles, et les couloirs passent à travers un bassin où les moutons sont forcés de prendre le bain obligatoire.

Pour les animaux d'importation, la loi prescrit certaines mesures de préservation qui font l'objet des articles 36 à 42 du même règlement exécutif. Les animaux venant d'Outre-Mer sont soumis à une quarantaine pendant laquelle ils sont isolés. Les bovidés sont tuberculinisés, les chevaux sont soumis à la maléinisation et tout animal qui donne une réaction caractéristique est abattu sur l'heure sans indemnité pour l'importateur.

C. *Immigration.* L'immigration, très intense dans la

République Argentine, est protégée par des lois spéciales concédant certains avantages aux immigrants. Des dispositions législatives ont trait à leur séjour à Buenos-Aires.

Après inspection du navire, les immigrants qui se réclament du bénéfice de la loi sont dirigés sur un hôtel spécial sous la conduite des employés gouvernementaux. Ils ont droit à un séjour gratuit de cinq jours et une station de douane est annexée à l'hôtel pour la vérification des bagages. Les immigrants sont nourris gratuitement et abrités en cas de maladie. Un bureau de travail fonctionne dans l'hôtel même et fournit, outre les renseignements nécessaires, un billet de voyage gratuit ainsi qu'un bon de logement et de nourriture de dix jours, dans le cas où les nouveaux arrivés sont placés en province. Pendant tout ce temps, les immigrants sont sous la protection et la surveillance des employés du Gouvernement.

D. *Dépôts de douane*. La loi argentine oblige toutes les marchandises quelconques à passer par les dépôts de douane. Ces dépôts sont au nombre de vingt-trois et occupent le quai de la partie Ouest du port. Huit sont de simples hangars en fer ondulés, quatre sont en maçonnerie à trois étages avec sous-sols, et neuf à quatre étages avec sous-sols. La capacité en mètres cubes est d'environ 400 000 mètres.

E. *Administration*. L'administration du port de Buenos-Aires est surveillée par le Ministère des Finances et dépend de la Préfecture générale des Ports et Octrois, de l'Administration des Rentes Nationales et du Bureau du Service et conservation du Port. La Préfecture est chargée de faire observer les règlements d'ordre intérieur ; elle a le soin de la statistique et de la perception des droits de séjour, de quai, etc.

Le personnel préfectoral inspecte et contrôle les

opérations de chargement et de déchargement. L'administration de la douane est chargée de la manipulation de la marchandise.

III

Le port de Buenos-Aires est certainement un des ports les plus encombrés du monde : des retards de plusieurs semaines y sont fréquents et les navires y chargent ou déchargent en partie en troisième ligne. Le port est-il trop petit ? D'après les renseignements que nous avons sous les yeux et d'accord avec M. Fernand Kinart, ingénieur de la ville d'Anvers, qui fut chargé d'une mission spéciale d'étude du port de Buenos-Aires, nous ne le croyons pas, ce qui n'est pas à dire qu'un agrandissement destiné à pourvoir aux besoins de l'avenir soit sans utilité. Les points auxquels on pourrait remédier, dès à présent, sont, semble-t-il, les suivants :

1. *Administration.* L'administration de Buenos-Aires est répartie entre trop de mains et il n'y a pas de coordination suffisante entre les différents services. Nous ne voyons pas quelle compétence spéciale un Ministère peut avoir dans l'administration d'un port. Les services de la Préfecture Maritime correspondent sensiblement à ceux de la Capitainerie du Port d'Anvers. Si nos renseignements sont exacts, le Préfet maritime est un amiral et la surveillance du trafic est confiée aux matelots de la marine de Guerre, alors qu'il faudrait des hommes formés spécialement à diriger un mouvement intense.

Il est tout aussi anormal de confier la manipulation des marchandises aux autorités fiscales. Il en résulte une cherté excessive : l'on estime que chaque tonne de marchandises a payé au Trésor en frais de débar-

quement, droits de quai, etc., la somme de 17,30 frs, ce qui dépasse de loin tout ce que l'on peut réclamer légitimement pour un pareil service.

Enfin, par suite du manque d'entente entre les différents rouages et le défaut d'une rédaction claire du règlement, on en arrive à faire changer les emplacements des navires, un grand nombre de fois pendant le débarquement, ce qui n'est pas précisément de nature à accélérer les opérations.

On comprendra que l'administration étant confiée exclusivement à des fonctionnaires, sans intervention des principaux intéressés, l'esprit en soit tracassier et paperassier.

Sur la proposition de M. Kinart, on a projeté de confier la direction à une commission administrative où seraient représentés le Ministre des Finances, la Préfecture Maritime, l'Administration des Douanes, les Compagnies de Chemins de fer, les Agents Maritimes et les Commerçants. Nous ignorons si ce projet a été mis à exécution à l'heure actuelle, mais en tous cas, il serait de nature à mettre un peu d'ordre dans le chaos actuel.

2. *Installations*. En ce qui concerne les installations, on s'explique difficilement à quel motif on a obéi en établissant à Buenos-Aires des bassins éclusés.

L'amplitude moyenne de la marée est de 80 centimètres et l'amplitude maximum de 2,10 mètres. Dans ces conditions, il eût été plus naturel d'employer un système de darses. La preuve en est que, dans le plan d'agrandissement présenté par l'ingénieur L. Corthell, cette disposition est adoptée. Dans le même ordre d'idées, la disposition des bassins en enfilade est éminemment vicieuse, puisqu'elle gêne les manœuvres des navires se trouvant dans les autres darses. Enfin, les portes d'écluse sont mal établies ; parfois il est impos-

sible plusieurs jours de suite de faire sortir des navires calant 24 pieds.

Au demeurant, toute cette installation a coûté un prix exorbitant, absolument hors de proportion avec les services rendus.

Quant au manque de place, il est plus apparent que réel. Voici un état comparatif entre Buenos-Aires et Anvers que nous extrayons de la brochure publiée par M. Kinart.

	Anvers	Buenos-Aires
Longueur des quais utilisables	17 000 mètres	12 000 mètres
Surface des hangars & entrepôts	306 000 m²	192 000 m²
Longueur des voies ferrées avec gare	180 000 mètres	78 000 mètres
Nombre des grues	280 grues de 1 1/2 & 2 tonnes.	107 grues de 1 1/2 tonnes.

Pour Buenos-Aires, la longueur des quais utilisables sera, en l'année 1907, d'après M. Carmona, de 16 600 mètres, c'est-à-dire la même longueur environ qu'à Anvers.

En tenant compte de la différence de trafic, il y a amplement de quoi satisfaire aux besoins actuels. Si tel n'est pas le cas, nous devons l'attribuer d'abord au défaut d'unité dans l'administration et ensuite à l'erreur que l'on a commise dans la construction des dépôts et dans l'élaboration de leurs règlements.

On semble, à Buenos-Aires, s'être inspiré du type des dépôts et des magasins de Liverpool, sans se rendre compte de la différence considérable qu'il y a entre les deux ports. A Buenos-Aires, les marchandises restent en entrepôt pendant un temps considérable, car nous constatons que le terme moyen de séjour est de deux mois, pour l'ensemble des marchandises débarquées, mais il faut remarquer que les fers et les ciments ainsi que les matériaux de construction, sont réexpédiés presque immédiatement à La Boca.

A Buenos-Aires, les hangars de déchargement et les

entrepôts de marchandises se confondent souvent dans un seul et même bâtiment.

Ceci, à notre avis, est une très grande faute, car à ces deux services doivent correspondre des types de bâtiment essentiellement différents. Dans la pratique moderne, il est nécessaire que le navire puisse se débarrasser de sa cargaison après une vérification de gros qui se borne à la reconnaissance de l'état extérieur des colis et au comptage. La vérification de détail doit pouvoir se faire après le départ du navire et elle exige naturellement un espace considérable. Il est donc nécessaire qu'après le délai strictement suffisant à la vérification, les marchandises soient enlevées pour faire place à une nouvelle cargaison.

Quant à l'entreposage des marchandises, celui-ci doit se faire dans des dépôts appropriés et tout à fait séparés des emplacements réservés à la réception. Ceci est d'autant plus indiqué, que le réceptionnaire et le dépositaire sont parfois des personnes différentes, et qu'il y a donc des inconvénients très graves à laisser côte à côte des marchandises en séjour et des marchandises en dépôt.

L'encombrement des dépôts est encore accentué par le fait que les taxes ne sont perçues que tous les deux ans ou à la sortie des marchandises et qu'elles ne sont pas progressives mais simplement proportionnelles au temps de séjour ; il est même possible d'obtenir un renouvellement. Or, comme une grande partie des marchandises importées à Buenos-Aires sont des articles de saison et de modes, il arrive qu'elles perdent tellement de leur valeur, que l'importateur a intérêt à ne plus les retirer. On cite certains cas, où la vente des marchandises par ordre du fisc n'a pas couvert les droits de magasinage.

Enfin, une grande partie du réseau ferré est mal établie et le stock de matériel roulant ne suffit pas au

trafic du port, alors que les arrivées par chemin de fer présentent des maximum, considérables surtout pour les grains. Il serait donc nécessaire d'avoir des dépôts plus grands permettant le déchargement immédiat des wagons, afin de pouvoir les réexpédier sans retard, au lieu de les laisser séjourner dans le port.

Nous croyons par conséquent qu'en améliorant l'administration et en utilisant mieux les ressources dont on dispose, il serait possible de remédier à l'encombrement actuel. Ce n'est pas à dire qu'il faille se désintéresser complètement de la question de l'agrandissement. Il existe divers projets présentés par MM. Novia, Doynelli, Esturiza & Cie, l'ingénieur Corthell et le Ministère des Travaux publics.

CONCLUSIONS

De ce qui précède, il résulte que si le port de Buenos-Aires traverse une crise de croissance, il ne présente pas moins d'indéniables facteurs de prospérité.

Il est difficile, surtout dans un pays neuf, de prédire quel sera l'avenir d'un port. Voici néanmoins quelles nous paraissent être les probabilités.

On cultive principalement les terres de la province de Santa Fé, à proximité du fleuve, à cause du rôle considérable que joue le coût du transport dans le prix de revient des céréales. Il paraît indubitable qu'une fois les terres de première qualité occupées, il faudra emblaver les terres plus éloignées. Ceci deviendra possible par le développement des chemins de fer et surtout par la diminution du fret. Or à cet égard, l'unique moyen dont on dispose, c'est d'augmenter les dimensions des navires.

Le type du vapeur fréquentant le port de Buenos-Aires est le cargo-boat de 4 à 5000 tonnes, et ceci nous

paraît être bien près de la limite maximum. En effet, les chenaux d'accès sont creusés à travers un terrain d'alluvion disposé de la façon suivante : 1° une couche de sable, 2° une couche d'argile molle. En draguant, on attaque la couche de sable et l'on met à nu une partie du banc sous-jacent d'argile qui, sous la pression de l'eau et du sable supérieur, déborde et remplit petit à petit le chenal dragué. On comprendra facilement que la vitesse de remplissage est proportionnelle à la surface d'attaque, et qu'il arrivera donc fatalement un moment où la profondeur maximum ne pourra être dépassée à moins de faire des frais de dragage hors de proportion avec le service rendu. D'un autre côté, il est un nouveau facteur qui viendra s'ajouter à celui que nous venons de citer.

C'est le besoin de vitesse qui se manifeste et se développera de pair avec l'augmentation de la richesse économique de la République Argentine. Nous en trouvons la manifestation dans le subside voté par le parlement fédéral en faveur d'une ligne rapide entre Buenos-Aires et l'Europe. Or qui dit grande vitesse, dit grand tirant d'eau.

Le « Deutschland », par exemple, cale 32,6 pieds, et il est probable qu'avec le temps, nous verrons mettre en ligne à destination de Buenos-Aires des navires plus rapides encore que pour New-York. En effet, une différence d'un nœud dans la vitesse actuelle ne se chiffre plus que par quelques heures dans la traversée de l'Europe aux États-Unis ; elle se chiffrerait par des jours dans la traversée beaucoup plus longue de l'Europe au Rio de la Plata.

Dans ces conditions, il est probable que, d'ici un certain nombre d'années, la République Argentine doive mettre à la disposition du commerce, un port en eau profonde pouvant abriter des navires de gros tonnage et de grande calaison. Il n'entre pas dans le cadre de

cette étude de dire quel port aura la préférence, mais nous devons citer le fait que les lignes de chemins de fer construites dans ces dernières années, semblent converger plutôt vers Bahia-Blanca.

De toute façon cependant, il nous paraît que Buenos-Aires gardera son monopole de ville importatrice et de centre commercial et mondain, et que, grâce à ces deux facteurs, combinés avec une administration sage et prudente, ce port peut compter encore sur une longue suite d'années de progrès.

M. Theunissen.

PASCAL

L'horreur du vide et la pression atmosphérique

Sous ce titre, dans les livraisons du 20 octobre 1907 et du 20 janvier 1908 (1), nous avons présenté une vue d'ensemble des polémiques soulevées par les articles de M. F. Mathieu, *Pascal et l'expérience du Puy-de-Dôme*, publiés dans la Revue de Paris, en 1906 et 1907. Depuis lors, un événement important s'est produit qui nous apporte de nouveaux documents de grande valeur : c'est la publication, dans la collection *Les grands écrivains de France*, des *Œuvres de Blaise Pascal publiées suivant l'ordre chronologique, avec documents complémentaires, introductions et notes* par MM. Léon Brunschvicg et Pierre Boutroux. Les trois premiers volumes ont paru ; ils vont jusqu'au *Mémorial* du 23 novembre 1654 : ils embrassent donc la période de la vie de Pascal qui intéresse directement le débat.

Aux œuvres de Blaise Pascal, les éditeurs ont joint, non seulement les écrits de son père et de ses sœurs, mais tous les documents qui ont paru nécessaires à l'éclaircissement de sa vie et de ses travaux.

Nous voudrions extraire de l'ensemble, sans rien

(1) Nous désignerons ces articles, dans nos références, par R 1907, et R 1908.

omettre d'essentiel, ce qui touche à la controverse que nous venons de rappeler. La tâche sera facile : M. L. Brunschvicg lui-même nous fournit le cadre à remplir et toutes les références nécessaires, dans l'introduction qui ouvre le premier volume.

Elle se partage en cinq paragraphes dont le quatrième seul : *Les études critiques* (XX-XLVIII), intéresse notre sujet. Nous le suivrons, autant que possible, mot à mot : nous citerons les textes auxquels M. L. Brunschvicg renvoie (1) et nous y joindrons des renseignements complémentaires empruntés aux introductions et aux notes disséminées dans les trois volumes. A ce travail de copiste, nous ajouterons quelques remarques, celles qui nous paraîtront utiles à l'interprétation des documents.

I

L'invention de l'expérience du Puy-de-Dôme

Après avoir rappelé d'ensemble les principaux secours qu'ont fournis aux éditeurs des *Œuvres de Blaise Pascal* les travaux des érudits et des critiques, M. L. Brunschvicg aborde l'histoire des expériences du vide (2).

« La question de la part de Descartes dans l'invention de l'expérience du Puy-de-Dôme, dit-il, avait été soulevée par les historiens du XVIIe siècle, mais sans qu'ils se soient défendus suffisamment contre la contagion de ces passions rétrospectives qui nous paraissent aujourd'hui si puériles... Au XIXe siècle, l'histoire de la science a été comprise d'une toute autre façon. »

M. L. Brunschvicg cite, « comme un rappel au véri-

(1) Moins les passages visés des articles de M. Mathieu, dont nous n'avons gardé que les références.

(2) *Œuvres de B. Pascal*, t. I, Introd., pp. XXII et suivantes.

table esprit philosophique, la page où Cournot apprécie le service que l'École de Florence avait rendu à la science en expliquant le jeu des pompes et en inventant le baromètre (1).

« La science est l'œuvre des générations successives et des groupes associés, poursuit M. Brunschvicg. Il n'est pas d'œuvre, fût-ce les *Principes mathématiques de la Philosophie naturelle* ou la *Méthode des fluxions*, qu'un adversaire passionné ne pourra se croire autorisé à traiter de *pot-pourri ;* c'est ainsi que l'on a cru avoir diminué le génie de Pascal lorsqu'on s'est enfin aperçu qu'il n'avait pas été le premier à revendiquer les droits de la raison et de l'expérience en matière de recherche scientifique, ou qu'il n'avait pas inventé le baromètre, ou qu'il n'avait pas été le seul en France à poursuivre les expériences du vide. Une ignorance, fort excusable, avait substitué le seul Pascal au groupe parisien ou même européen dont il était devenu pour la postérité le plus illustre représentant ; inconsciemment on a été tenté de rejeter sur Pascal la faute de sa propre ignorance. Mais en fait la *proles sine matre creata,* qui est un miracle pour le vulgaire, est une monstruosité pour le philosophe. La conception philosophique ou, comme on a pris l'habitude de dire pour préciser davantage, la conception sociologique de l'histoire, ramène la production scientifique à ses conditions naturelles et humaines. Loin de diminuer l'œuvre individuelle, elle la grandit de toute la perspective du passé, de tout le prolongement d'avenir qu'elle sait y rattacher. En tout cas, pour aborder un débat particulier qui a soulevé tant de passions et suscité tant d'erreurs (et il importait d'en prévenir le lecteur qui veut être renseigné dès maintenant sur l'esprit de notre édition), cette conception philosophique ou sociologique sera la seule qui permettra d'éviter l'étroitesse et la partialité, de comprendre à la fois l'impression de Pascal sur Descartes et l'impression de Descartes sur Pascal,... la seule enfin qui donne l'espérance d'échapper au bruit assourdissant de « l'éloquence judiciaire » et d'atteindre dans le maniement des textes le désintéressement et la pénétration nécessaires à l'intelligence de la vérité historique.

» A cet égard, les deux articles publiés par M. Adam dans la

(1) Cournot, *Considérations sur la marche des idées et des événements dans les temps modernes*, 1872, t. I, p. 290.

Revue philosophique sous ce titre : *Pascal et Descartes. Les expériences du vide* 1646-1651 (déc. 1887, pp. 612-624, et janv. 1888, pp. 65-90) sont irréprochables ; comme MM. Milhaud et Strowski l'ont solidement établi, ils donnent en gros la solution de la controverse. M. Adam a eu le mérite de ne pas exagérer l'importance du malentendu qui avait un moment excité l'aigreur de Descartes, et dont nous ne savons même pas (on l'oublie trop souvent) dans quels termes Pascal a pu être informé. Très judicieusement, M. Adam en a fait comme un cas particulier de l'opposition entre la préoccupation systématique de Descartes et le positivisme expérimental de Pascal. Il a fort bien montré comment la métaphysique et la science se mêlaient alors dans les esprits ; pour préciser, il a rappelé, suivant une indication qui aurait dû être retenue, que dans l'interprétation de l'expérience de Torricelli « il y avait deux choses fort différentes, l'une de savoir si le haut du tube est vide absolument ou bien en apparence ; l'autre quelle est la cause qui maintient le vif argent ainsi suspendu » (1887, p. 620).

Après avoir rappelé les documents de premier ordre apportés à l'histoire de la science par M. Adam, M. L. Brunschvicg signale « deux points assez significatifs de la controverse de la pesanteur de l'air » que la collation et la recherche des lettres manuscrites de Descartes, par MM. Adam et Paul Tannery, ont donné l'occasion d'éclaircir.

Dans la lettre de Descartes au P. Mersenne du 8 octobre 1638, l'explication de l'ascension de l'eau dans les pompes par « la pesanteur de l'eau qui contre-balance celle de l'air » ne figure pas dans le texte original : c'est une addition de Clerselier (1).

« A la page 71 du même article, M. Adam, soucieux de ne négliger aucun élément d'information, écrivait : « l'hiver de 1647-1648, dans plusieurs lettres au P. Mersenne, Descartes s'informait de l'expérience qui n'était pas encore faite et pressait Pascal de la faire », et il renvoyait à Baillet dans une note ainsi conçue : « Lettres du 13 décembre 1647, du 31 janvier, du 7 février et du 4 avril 1648. Elles n'ont pas été publiées, et sont peut-être à jamais perdues ; mais Baillet en avait le manuscrit sous les yeux (t. II, p. 330 et p. 333 de la *Vie de M. Descartes*,

(1) R 1907, p. 388.

Paris, 1691) ». Depuis, grâce à M. Adam et à M. Tannery, les quatre lettres sont connues. Celle du 13 décembre 1647 porte en effet sur l'entrevue avec Pascal (1)... Mais les trois autres, dont les manuscrits sont à Nantes, à la Bibliothèque V. Cousin, à l'Institut, ne font pas la moindre allusion à l'expérience du Puy-de-Dôme (*Œuvres de Descartes*, t. V, p. 115, 117, 121). Nous aurions négligé cet incident, si dès le début de ses articles de la Revue de Paris (1er avril 1906, p. 567), M. F. Mathieu n'avait avancé, comme une chose qui n'a pas besoin d'autre précision ni d'autre justification, que trois fois, dans le cours de l'année 1648, Descartes renouvela la question posée dans sa lettre du 13 décembre 1647 (2). » M. L. Brunschvicg ajoute en note :

« Si nous ne nous trompons, les articles de M. Adam se sont trouvés encore être l'occasion involontaire d'une fausse allégation contre Pascal. M. Adam avait cité la lettre de Chapelain à Christiaan Huygens où Pascal est représenté comme ayant le premier en France fait l'expérience du vide avec le mercure et ayant imaginé le premier sur ce problème le poids de l'air et sa colonne depuis l'atmosphère jusqu'en terre (18 août 1659). Il ajoutait : « Et Huygens qui avait connu Descartes, ne protestait pas. » M. Mathieu a compris, je crois, que Christiaan Huygens ne répondit pas ; en tout cas, il écrit : « Huygens toujours poli, répond exactement, et point par point, aux deux lettres de son officieux correspondant ; sur Pascal, les deux fois, il fait la sourde oreille et ne dit mot » (Revue de Paris, 1er mai 1906, p. 198). M. Abel Lefranc a relevé la réponse de Christiaan Huygens à la lettre de Chapelain ; elle est du 11 septembre 1659, et elle contient l'expression d'une estime infinie pour Pascal (Revue bleue, 25 août 1906, p. 232 (3). Cf. *Œuvres* de Christiaan Huygens, Haarlem, t. II, 1889, p. 489). »

M. L. Brunschvicg revient sur cette controverse

(1) « J'avais averti M. Pascal d'expérimenter si le vif argent montoit aussi haut lorsqu'on est au-dessus d'une montagne, que lorsqu'on est tout au bas ; je ne sçay s'il l'aura fait. »

(2) Nous avons reproduit l'affirmation de M. Mathieu, R 1907, pp. 442-443.

(3) « *J'estime Pascal infiniment, et pour ceci* (la machine arithmétique) *et pour son savoir dans la géométrie*, dont il m'a donné la preuve et qu'il m'a dédiée. » (Abel Lefranc, *Défense de Pascal. Pascal est-il un faussaire ?* p. 48 du tiré à part). — L' « estime infinie » d'Huygens s'adresse à Pascal *géomètre ;* il ne dit rien du *physicien* « ayant imaginé le premier sur ce problème le poids de l'air et sa colonne depuis l'atmosphère jusqu'en terre. » R 1908, p. 233.

dans l'introduction et les notes qui accompagnent le texte de la *Lettre de Jacqueline Pascal à sa sœur Madame Perier* (1), écrite le 25 septembre 1647, au lendemain des visites de Descartes à Pascal (t. II, pp. 39-48).

« Descartes, qui avait été en Bretagne, était de retour à Paris. « Il se mit en état de partir incessamment, écrit Baillet. Il fut pourtant rencontré par M. Pascal le Jeune qui, se trouvant pour lors à Paris, fut touché du désir de le voir, et il eut la satisfaction de l'entretenir aux Minimes, où il avoit eu avis qu'il pourroit le joindre... (2). » ... En outre de cet entretien des Minimes, Descartes rendit deux visites à Pascal. Le récit de ces visites, plus exactement de la première d'entre elles, se trouve dans une lettre que Jacqueline Pascal adresse à sa sœur à Rouen. Infiniment curieuse à tous égards, extrêmement significative s'il s'agit de fixer la physionomie intellectuelle de Descartes, de Pascal et de Roberval, la lettre demeure décevante pour la solution du problème que Descartes a soulevé lui-même dès sa lettre du 13 décembre 1647 à Mersenne : qui a eu l'initiative de l'expérience du Puy-de-Dôme ? qui a parlé le premier, soit dans la chambre de Pascal, rue Brisemiche, soit au couvent des Minimes, de transporter sur une haute montagne le tube de Torricelli ? Suivant le témoignage d'Auzoult, qui nous est rapporté par Gassendi (3), comme suivant le témoignage de Roberval (4), de

(1) R 1907, pp. 405-407.

(2) *Vie de M. Descartes*. t. II, p. 227. — « Dans la première préface des *Reflectiones physico-mathematicae*, septembre 1647,... Descartes, puis les deux Pascal sont nommés, mais à quelques lignes de distance, et comme témoins de deux observations différentes sur les variations de la colonne mercurielle. »

(3) Premier Appendice des *Animadversiones in decimum librum Diogenis Laërtii*. Lyon, 1649, *De facto novo circa Inane Experimento*. t. III, et *Opera*. 1658, t. I, p. 211. Après avoir résumé l'expérience du Puy-de-Dôme d'après la relation de Mosnier, Gassendi ajoute : « Non haereo... quin observatio tentata perfectaque fuerit auspiciis illius eximii seu incomparabilis potius adolescentis Paschalii, cujus mentionem factam habes in ea Dissertatiuncula, quae est inscripta de nupero circa Inane experimento ; nempe eruditus Auzotius, cujus memini in ea quoque, narravit, cum adhuc Parisiis versarer, dedisse illum *(c'est-à-dire Pascal)* operam, ut id negotii in Arverniae, ubi montes praealti sunt, exsequtioni demanderetur » (t. II, p. 162).

(4) « Secundum curavit D. de Pascal experimentum fieri a pluribus observatoribus eodem tempore, quorum alii ad radicem unius ex altioribus Arverniae montibus stabant, alii ad verticem ascenderant,... »

Perier et de Pascal eux-mêmes (1), Pascal est l'inventeur (2) et l'organisateur de l'expérience. Descartes n'aurait-il fait que lui en garantir le succès, malgré le scepticisme de Roberval ? Et Mersenne, par la suite même de ses recherches sur la pesanteur, n'était-il point, antérieurement aux autres savants, ou concurremment avec eux, conduit à tracer le programme d'une semblable expérience (3) ?

» Du premier texte intéressant cette controverse historique, nous avons surtout à retenir l'impression que Descartes produisit sur Pascal. Sous l'influence peut-être de Roberval, Pascal vit dans Descartes le type du métaphysicien préoccupé de thèses *a priori*, telles que l'existence de la matière subtile, décidé à soutenir son système à l'aide de principes absolus ou de raisonnements purs, indépendamment et à l'encontre même de l'expérience (4). Dans ces conditions il semble bien, ou qu'il n'ait pas songé à lui demander ou qu'il n'ait pas eu conscience d'avoir reçu de lui, un plan déterminé de recherche expérimentale. Les deux génies n'étaient pas nés pour se comprendre : de là le malentendu qui surgit entre eux, mais qui ne paraît pas avoir laissé des traces bien profondes si on en juge par le ton des lettres de Chanut à Perier en 1650 (5), et par l'hommage que Pascal rend à Descartes dans un fragment qui paraît être de 1658 (6). »

Dans les notes qu'il joint à la lettre de Jacqueline Pascal, M. L. Brunschvicg cite la lettre de Descartes (à Reneri) du 2 juin 1631 et celles à Mersenne du 11 octobre et de décembre 1638, à propos des *Discours et Démonstrations* de Galilée (7), et il conclut :

(1) Lettres de Pascal à Perier, du 15 novembre 1647, et de Perier à Pascal, du 22 septembre 1648, etc.

(2) Ne s'agit-il pas uniquement dans ces témoignages d'Auzoult, de Roberval et de Perier de l'*organisateur de l'expérience du Puy-de-Dôme* et non de l'*inventeur* de l'expérience de contrôle ?

(3) R 1907, pp. 408 et suiv.

(4) Tout cela ne se lit pas dans la lettre de Jacqueline Pascal, mais il faut en rapprocher la lettre de Pascal au P. Noël. R 1907, pp. 424 et suiv.

(5) R 1908, pp. 202 et suiv.

(6) « *Réflexions sur l'art de persuader*. 4e édition, in-16, Hachette, 1907, p. 193. Ces *Réflexions* sont contemporaines de la lettre où Meré écrit à Pascal : « Descartes que vous estimez tant... ». *Œuvres posthumes*. t. II, 1712, p. 68. »

(7) R 1907, pp. 387-388.

« Ces textes montrent à merveille que Descartes s'était fait l'idée la plus nette de la pression atmosphérique ; mais en même temps qu'il liait indissolublement cette idée à la notion métaphysique de la matière subtile.

» Quant au projet d'expérience sur le Puy-de-Dôme, écrit encore M. L. Brunschvicg (t. II, p. 149), il se rattache naturellement aux préoccupations du groupe de savants dont Pascal faisait partie. Nous n'avons qu'à nous rappeler soit les visites de Descartes à Pascal, soit les réunions tenues au couvent des Minimes, où Pascal et Descartes se sont probablement rencontrés. De ces réunions, le P. Mersenne a conservé l'écho direct » [Première Préface des *Reflectiones,* écrite sans doute en septembre 1647 (1)]. C'est lui qui, le premier, a tracé le projet de l'expérience du vide à différentes altitudes. On ne peut donc « exclure l'initiative de Mersenne, pas plus d'ailleurs que celle d'aucun des témoins que Mersenne invoque parmi lesquels se trouvent et Descartes et Pascal. Mais le mérite reste à Pascal seul d'avoir eu dans le succès de l'expérience une foi assez ardente pour écarter tout obstacle théorique ou pratique, et pour en assurer l'exécution. Car il est bien singulier qu'après avoir insisté d'une façon si forte sur l'intérêt de l'expérience, Mersenne en ait mis en doute le succès (2)...

» Dans la seconde *Préface,* Mersenne accentue encore son opposition à la colonne d'air (3) ; Roberval était alors du même avis, comme en témoigne la lettre de Le Tenneur écrite de Tours, le 16 janvier 1648 (4)... Il est donc bien vrai que dans son entourage immédiat Pascal ne trouvait aucun encouragement à l'entreprise qu'il avait conçue. Naturellement il a eu le sentiment que seul et contre l'opinion commune il avait formé le projet de l'expérience, sans s'arrêter à la suggestion que Descartes avait cru lui avoir donnée, alors qu'il n'avait fait *peut-être* que l'approuver, ni au programme que Mersenne avait esquissé au travers des oscillations et des confusions de sa pensée et qui n'était *peut-être* aussi que le reflet de la pensée de Pascal. »

Pascal a été l'organisateur de l'expérience du Puy-de-Dôme : personne ne le conteste. En a-t-il été l' « in-

(1) R 1907, pp. 408 et suiv.
(2) R 1907, p. 411.
(3) R 1907, p. 412.
(4) R 1907, p. 444.

venteur » ? A-t-il eu, le premier, l'idée de cette expérience de contrôle, ou, au moins, les circonstances ont-elles été telles que, « naturellement il a eu le sentiment que seul et contre l'opinion commune il (en) avait formé le projet » ? L'histoire se fût, sans doute, désintéressée de cette question si Pascal et Descartes ne l'eussent posée eux-mêmes en s'attribuant cette invention.

L'idée de réaliser l'expérience du vide à différentes altitudes, comme le dit M. Brunschvicg, a germé au sein d'un groupe de savants dont Pascal, Descartes, Mersenne et d'autres faisaient partie. Elle ne s'est pas nécessairement présentée à l'esprit de tous ceux qui connaissaient alors l'expérience de Torricelli et l'interprétation qu'il en donnait : le savant Florentin lui-même en est la preuve. Mais c'est bien, semble-t-il, parmi ceux qui ont connu l'hypothèse de la colonne d'air et ne l'ont pas rejetée *à priori*, qu'il convient de chercher l' « inventeur » de l'expérience qu'on se dispute.

Personne, que nous sachions, n'a songé à Roberval qui n'admet pas, en septembre 1647, cette explication et juge, dès lors, inutile d'en contrôler l'exactitude. Le Tenneur partage cette manière de voir. Auzoult la repousse, semble-t-il, puisqu'il s'informe des raisons que Descartes peut bien apporter « contre la colonne d'air ». Descartes, loin de la combattre, « la croit fort » ; de plus, il s'est fait, dès longtemps, « l'idée la plus nette de la pression atmosphérique ». Mersenne hésite. Il trace cependant, avec grande clarté, un projet d'expérience du vide à différentes altitudes. Si le succès lui paraît douteux, s'il recueille même d'avance les raisons qui permettraient d'expliquer un échec qu'il juge possible, il ne cherche pas moins avec insistance, et sans nommer Pascal, un collaborateur qui veuille tenter l'aventure. Avec Auzoult il n'eût certes point manqué d'encourager pareille entreprise. Étienne Pascal, vrai-

semblablement, ne se prononce pas, puisqu'il écrira six mois plus tard au P. Noël : « Je voulois luy (à son fils) proposer quelques difficultez qui *m'empechoient d'acquiescer*, comme *il semble faire*, à l'opinion touchant la suspension du vif-argent dans le tube [*par*] la pesanteur de la colonne d'air (t. II, p. 258). » Blaise Pascal, au moment de la visite de Descartes, *connaît* cette « opinion » : le témoignage de sa sœur est formel à cet égard ; c'est à lui qu'Auzoult s'est adressé, et c'est lui qui a écrit à Mersenne pour s'informer du sentiment de Descartes. M. L. Brunschvicg n'y contredit pas nécessairement quand il écrit : Pascal ne paraît avoir connu la lettre de Torricelli à Ricci, communiquée au P. Mersenne, « que quelque temps après son arrivée à Paris, probablement au moment (octobre 1647) où Dominicy oppose les droits de Galilée à ceux de Torricelli » (t. II, p. 14). Avant d'avoir lu cette Lettre, Pascal a pu connaître par ouï-dire l'hypothèse de la « colonne d'air ». La rejette-t-il avec Roberval ? l'accepte-t-il avec Auzoult ? Jacqueline nous dit que Descartes l'admet « pour une raison que son frère n'approuve pas ». Cela n'implique pas nécessairement qu'il rejette l'hypothèse elle-même ; mais Descartes, dans sa lettre à Carcavi du 17 août 1649, est plus affirmatif : « Pascal, dit-il, n'eût eu garde d'y penser (à l'expérience de contrôle) à cause qu'il était d'un avis contraire ». De fait, les *Expériences nouvelles* que Pascal est sur le point de publier le montrent partisan de l'opinion de Galilée et tout entier à la maxime de l'horreur limitée du vide.

Tels sont, en dehors des revendications de Descartes et de Pascal, les documents sur lesquels il faut se baser pour se former une opinion. Rien, en tout cela, ne permet de penser que Pascal n'ait pu avoir le premier l'idée de l'expérience de contrôle. Aucun texte, en dehors du témoignage qu'il se rend à lui-même, ne

permet non plus d'affirmer qu'il en soit l'inventeur. Il en est qui feraient plutôt admettre le contraire. Quoi qu'il en soit, on ne voit pas que les circonstances aient été telles qu'il ait eu naturellement le sentiment d'avoir inventé cette expérience, si elle est d'autrui, en admettant même, ce qui est vraisemblable, que Descartes ait mêlé la métaphysique au projet.

Revenons à l'*Introduction* de M. L. Brunschvicg (t. I, pp. XXVIII et suiv.).

« La controverse s'est rouverte, plus exactement une seconde controverse sur les découvertes de Pascal en Physique s'est ouverte en 1906. » Les articles de M. F. Mathieu « n'apportaient aucun texte nouveau qui intéressât directement la réclamation de Descartes, en revanche ils soulevaient une foule de questions subsidiaires que les contemporains de Pascal ou les historiens de la Physique n'avaient pas soupçonnées. Certes l'auteur ne dissimulait ni ses partis pris, ni ses passions ; du moins il déployait une érudition immense, une subtilité prodigieuse, un grand talent d'écrivain. Toutes ces qualités devaient donner du poids au réquisitoire que M. Mathieu dirigeait contre Pascal, et qu'il terminait par une accusation en règle : « La lettre que Pascal dit avoir écrite le 15 novembre 1647, à son beau-frère Perier, pour le prier de monter sur le Puy-de-Dôme, est un faux » (3e art., p. 206).

M. L. Brunschvicg rappelle l'émotion que ces articles ont soulevée. Il cite ceux qu'ils ont provoqués (1). « Mon rapport, dit-il, dans l'état actuel de la question ne peut pas ne pas être entièrement défavorable à la construction historique de M. Mathieu. Après le retentissement des attaques violentes que M. Mathieu a prodiguées contre Blaise Pascal, je ne pourrai pas ne pas paraître juger avec sévérité soit la méthode de travail, soit l'état d'esprit dont cette construction est issue. Je ne voudrais cependant manquer ni à l'équité, ni à la reconnaissance. » M. Brunschvicg

(1) A la liste bibliographique que nous avons donnée (R 1908, pp. 248-251) il faut ajouter : Lalande, PHILOSOPHICAL REVIEW, juin 1906 et Élie Jaloustre, ACADÉMIE DES SCIENCES ET BELLES-LETTRES DE CLERMONT (2 mai 1907) : *Réponse à une accusation de faux contre Pascal*, articles signalés par M. L. Brunschvicg.

marque, en excellents termes, le bénéfice qu'a pu retirer, de cette polémique, l'éditeur de Pascal.

« Il se trouve aujourd'hui, poursuit-il, que le profit est double : d'une part, un certain nombre de documents qui avaient été ou négligés ou ignorés, appartiennent désormais au dossier des expériences de Pascal, montrant mieux et la complexité des questions scientifiques que l'expérience du vide avait soulevées, et l'intensité du travail expérimental auquel les Mersenne et les Roberval s'étaient livrés autour de Pascal, dans une atmosphère de fraternelle union et de libre critique scientifique. D'autre part, la lettre écrite par Pascal le 15 novembre 1647 a subi l'épreuve du feu ; elle doit être publiée, à sa date et dans son texte, sans que l'éditeur le plus scrupuleux puisse conserver le moindre soupçon ; ce serait un signe bien fâcheux si, pour quelque raison que ce soit, on n'allait pas accueillir avec bonne grâce un pareil dénoûment.

» S'il nous paraît donc que l'hypothèse formulée en 1906 a perdu en 1908, je ne dis pas seulement toute consistance intrinsèque, mais toute base objective, l'échec apparent de M. Mathieu ne peut s'expliquer que par la fécondité même des recherches que son initiative a suscitées. Il y a là une nécessité logique, fondée sur le rapport entre la nature de cette hypothèse et les conditions des études historiques... Le lecteur devine les précautions et les scrupules d'un historien qui veut conclure des textes connus à une hypothèse sur les faits. Mais que sera-ce quand il risque l'aventure où M. Mathieu a cru devoir s'engager, quand il édifie son hypothèse, non plus *sur* un texte, mais *contre* un texte, quand il prétend, sous prétexte d'anachronisme et d'absurdité, instruire un procès en récusation, visant un document qui de 1648 à 1906 a joui de la publicité la plus éclatante sans soulever jamais le moindre doute ou la moindre récrimination (1) ? » — Et quelle est l'origine de la contestation de M. Mathieu ? « Une expérience sur le vide dont Pascal dit avoir montré les résultats à son beau-frère en octobre ou novembre 1647 n'aurait pas pu être effectuée à cette date ; elle ne serait même pas de Pascal ; et pourquoi ? parce qu'une expérience sur le vide qui, suivant l'opinion de M. Mathieu, serait l'expérience rappelée par les allusions de Pascal, est attribuée à Auzoult dans

(1) Existait-il, avant les articles de M. Mathieu et ceux de M. Duhem, une étude critique de l'œuvre de Pascal physicien et de la place qui lui revient dans les travaux de ses contemporains ?

un livre paru en 1651, trois ans après la publication de la lettre de Pascal, sans d'ailleurs que l'auteur de ce livre, Jean Pecquet donne de date pour l'invention d'Auzoult, sans qu'il oppose son affirmation à la lettre de Pascal dont il ignore même la publication...

» Assurément il pourrait y avoir tels raisonnements qui permettraient de justifier, ou tout au moins qui permettraient de prendre en considération, une semblable permutation. Mais une condition préalable doit être remplie : c'est qu'avant d'avoir pris parti... on ait procédé à un examen rigoureusement exhaustif des données du problème. » Cela n'a pas été fait. « Aussi quand on a repris... l'étude de la correspondance de Mersenne, quand on y a trouvé les lettres de Hobbes, de Monflaines, d'Auzoult, quand on a relu les livres du P. Noël, quand on a exploré les manuscrits de Roberval,... et la *Vie de M. Descartes* par Adrien Baillet, la chaîne des événements, qui avait été disloquée et bouleversée par des permutations trop hardies, s'est spontanément reconstituée...

» Dès lors, puisque le moment est venu, et puisque aussi bien c'est notre tâche, de dégager la « moralité » de cette « affaire », il faut dire qu'il n'y a plus de matière objective pour la controverse... Nous n'avons qu'à dresser, suivant l'ordre chronologique de 1640 à 1654, un tableau à doubles références — d'une part, au volume et à la page de notre édition où les textes sont publiés — d'autre part, à la page des articles de M. Mathieu où se trouvent les affirmations que, si nous ne nous trompons, les textes contredisent directement. Nous désignerons par A le numéro de la Revue de Paris du 1 avril 1906, par B celui du 15 avril, par C celui du 1 mai, par D celui du 1 mars 1907, par E celui du 15 mars, par F celui du 15 avril. »

II

Critique des articles de M. Mathieu

Nous passons un paragraphe qui a rapport au jugement porté par Descartes sur l'*Essai pour les Coniques* de Pascal.

» 2° Le texte du chapitre IV des *Reflectiones physico-mathe-*

maticae de Mersenne (1) ne permet pas de penser que ce chapitre aurait été écrit deux ans avant l'expérience de Rouen, A. 575. — La lettre de Descartes (2) ne permet pas de croire à « l'activité épistolaire » qui est attribuée à Mersenne relativement à l'expérience de Torricelli et pendant cette période 1644-1646, C. 196 et F. 859. »

Dans sa lettre à Perier (15 novembre 1647), Pascal, parlant de l'expérience projetée du Puy-de-Dôme, écrit : « Je l'ay faite espérer à tous nos curieux de Paris, et entr'autres au R. P. Mersenne, qui s'est desjà engagé, par lettres qu'il en a escrites en Italie, en Pologne, en Suède, en Hollande, etc., d'en faire part aux amis qu'il s'y est acquis par son mérite » (t. II, pp. 161-162). « Ces lettres de Mersenne... paraissent perdues, écrit M. Brunschvicg, comme d'ailleurs la plupart des lettres de Mersenne. » — Il nous en reste toutefois quelques-unes du début de 1648, où il est question, à plusieurs reprises, de l'expérience du vide à des altitudes différentes : ni dans ces lettres, ni dans celles que reçut Mersenne à cette époque et qui nous restent, on n'en a jusqu'ici signalé aucune où se lise la moindre allusion au projet de Pascal. Sur la publicité donnée à cette entreprise, M. Brunschvicg cite un seul témoignage, celui de Gassendi : nous l'avons rappelé plus haut (p. 154). Gassendi, après avoir résumé l'expérience du Puy-de-Dôme, ajoute : Auzoult m'avait dit, lorsque j'étais encore à Paris, que Pascal avait

(1) « Omitto caetera quae mediteris, ut jam aliud consideremus notatu dignissimum : nempe idem aquae, aut cuivis alteri liquido, quod mercurio, contingere, quoties cylindrus liquidus tantae fuerit altitudinis ut cylindro praedicto mercuriali aequiponderet, ut a Clarissimo viro D. Paschal observatum » (Ch. IV, p. 91).

(2) « Je m'estonne de ce que vous avez gardé quatre ans cette expérience (de Torricelli), ainsi que le dit M. Pascal, sans que vous m'en ayez jamais rien mandé, ny que vous ayez commencé à le faire cet esté, car, sitost que vous m'en parlastes, je jugeay qu'elle estoit de conséquence, et qu'elle pourroit grandement servir à vérifier ce que j'ay escrit de physique » (lettre du 13 décembre 1647 au P. Mersenne).

donné des ordres pour que cette expérience fût faite en Auvergne. — Auzoult a donc connu le *projet* de Pascal, et Gassendi l'a appris de lui. Rien ne permet jusqu'ici d'affirmer que d'autres l'aient connu, pas même Roberval, pas même Mersenne. Étienne Pascal n'en dit pas un mot dans sa lettre au P. Noël, alors qu'il est naturellement amené à en parler, quand il rappelle l'hypothèse de Torricelli et l'opinion de Blaise.

« 3° Le texte de la première *Narration* de Roberval (1) ne permet pas d'écrire que dans la lettre au P. Noël (2) Pascal se réfère aux expériences de Roberval sans nommer Roberval, B. 774. Le témoignage de Roberval est formel au contraire : Pascal a bien inventé et effectué les expériences (Voir Strowski, *Histoire de Pascal,* 1907, p. 100).

» 4° Le texte de la publication de Dominicy ne permet de penser que Pascal ait eu recours à l'artifice d'un pseudonyme ou à la complicité d'un inconnu pour s'attribuer le mérite de l'initiative de Petit, B. 776-777. La dédicace au Chancelier Seguier ne pouvait être signée que d'un nom connu, et ce nom était célèbre au XVIIe siècle. Les intentions de Dominicy, comme le remarque M. Strowski, *op. cit.*, p. 89-90, ne sont d'ailleurs pas douteuses : il ne prend pas acte de l'effacement volontaire de Petit ; au contraire, il prétend protester contre cet effacement, et malgré Petit lui-même, faire valoir ses droits à l'hon-

(1) Dans le passage auquel M. Brunschvicg renvoie (t. II, p. 28), Roberval parle de l'expérience de Rouen, faite par Pascal, avec des tubes de 40 pieds remplis d'eau et de vin pour réfuter cette objection de ses adversaires : l'espace vide en apparence est rempli d'esprits subtils. Vous m'accorderez, leur dit Pascal, que ces esprits subtils sont plus abondants dans le vin que dans l'eau ; dès lors, si l'on réalisait l'expérience avec deux tubes, l'un rempli d'eau, l'autre de vin, d'après vous, la colonne suspendue dans le premier devrait être plus élevée que dans le second. Réalisons l'expérience : c'est le contraire qui est vrai.

(2) « Et pour vous en toucher icy une (expérience) en peu de mots : s'il est vray, comme vous le supposez, que cet espace soit plein d'air, plus subtil et ignée, et qu'il ayt l'inclination que vous lui donnez, de rentrer dans l'air d'où il est sorty, et que cet air extérieur ayt la force de le retirer *comme une éponge pressée*, et que ce soit par cette attraction mutuelle que le vif argent se tienne suspendu, et qu'elle le fait remonter même quand on incline le tuyau : il s'ensuit nécessairement que quand l'espace vide en apparence sera plus grand, une plus grande hauteur de vif argent doit estre suspendue (contre ce qui paroist dans les expériences). »

neur d'avoir le premier réussi en France l'expérience qui, ajoute-t-il, serait due en Italie à l'initiative de Galilée. »

Les citations qui vont suivre sont empruntées à l'*introduction* que M. L. Brunschvicg a placée en tête de la lettre de Pierre Petit à Chanut, publiée par Dominicy.

« Au mois d'octobre 1647, lorsque parvint la dissertation du Capucin Magni qui semblait revendiquer l'invention de l'expérience du vif-argent après que Pascal eût publié un Abrégé de ses Expériences, Marc-Antoine Dominicy fit imprimer la lettre de Petit » relatant les expériences de Rouen. « La personnalité de l'éditeur se dévoile par cette allusion de la dédicace au Chancelier Segnier : « Attendant qu'au premier jour je vous offre une des belles questions de notre histoire. » Dominicy, né à Cahors, mort à Paris vers 1650, venait de se faire connaître par ses recherches historiques sur l'origine de la dynastie capétienne et sur la loi salique (1646)... « Le but de sa publication est nettement expliqué dans un avis *Au lecteur* : « On verra que la gloire de l'invention appartient à l'Italie, et selon mon avis à cet admirable Philosophe et Mathématicien Galilée, non pas à Torricelli (1), aussi celle de l'avoir observée le premier en France ne peut estre disputée à Monsieur Petit... Je crois m'acquitter de ce qui se doit à la vérité quand je publie maintenant *contre son intention*... cette lettre que je peux jurer que l'auteur m'a empesché de faire imprimer il y a plus de six mois, parce, me disoit-il, qu'un de ses plus intimes qui avoit beaucoup enchery par dessus ses premières observations, et qui auroit quantité de belles choses à dire, traicteroit tout cela dignement et à plain fonds... Mais toutes ces raisons cessans en mon endroit... afin qu'on sçache au moins le progrès et la vérité historique de cette expérience, je produits aux yeux d'un chacun cette piece authentique, dont je tiray copie sur celle que l'autheur envoyoit à Monsieur Pascal pour le faire aussi bien participant de ses pensees et raisonnements qu'il avoit fait de la chose mesme. Copie que les plus curieux de Paris ont veu il

(1) « C'est de l'*expérience de Torricelli*, touchant le vide, dont je veux vous entretenir », écrit Petit dans cette lettre. Pour attribuer à Galilée la « gloire de l'invention » Dominicy se fonde, sans doute, sur le passage des *Discorsi e dimostrazioni matematiche* où Sagredo rapporte l'observation des fontainiers de Florence (voir R 1907, p. 388).

y a plus de dix mois, et avant qu'on y fît aucune expérience et qu'il y eut aucun livre ou discours imprimé sur cela à Rouen, à Paris ou à Varsovie. »

» 5° Le texte de la *seconde Narration* de Roberval (1) ne permet pas de soutenir que l'expérience rappelée à Perier dans la lettre du 15 novembre 1647 serait « déformée » jusqu'à devenir « non seulement un anachronisme, mais une absurdité », C. 187, qu'elle supposerait ou l'invention de la machine pneumatique qui est de 1655, ou un étrange « amalgame » avec l'expérience du Puy-de-Dôme, qui est de septembre 1648, D. 220 (Voir la description d'une expérience similaire, effectuée sur les indications de M. Louis Havet, par MM. Paul Carnot et Georges Guadet, *in* Revue Bleue, 7 septembre 1907, p. 292).

» 6° La même *Narration* de Roberval fixe la portée qu'avait pour les contemporains l'expérience du vide dans le vide. Elle ne permet pas que l'on confonde deux questions ; l'une de savoir quelle est la cause de l'ascension du mercure dans le vide : elle était résolue « assez probablement », dit Pascal, « assez clairement », dit Mersenne, par l'expérience du vide dans le vide ; l'autre de savoir si un corps quelconque demeure dans la partie supérieure du tube, au-dessus de la colonne mercurielle : elle causa les angoisses de Mersenne au cours du printemps et de l'été 1648. Elle ne permet pas, par conséquent, d'écrire sur un ton d'incrédulité : « Ainsi connaissant l'expérience du vide dans le vide, Pascal en novembre 1647 n'eut pas affirmé que le haut du tube fût vide ! » D. 218. Au contraire, la distinction de ces deux questions sur laquelle M. Adam avait déjà insisté (voir également Milhaud, *art. cité*, p. 773) apparaît comme la condition *sine qua non* pour une intelligence exacte des problèmes physiques au XVIIe siècle, en particulier pour une interprétation authentique de la pensée de Roberval et de Mersenne en 1648. »

En achevant la lettre qu'il écrivait à Des Noyers, au mois de septembre 1647, Roberval promettait à son correspondant de le tenir au courant de ce qui pourrait se produire de nouveau relativement à la question du vide. Les recueils manuscrits des *Œuvres* de Roberval, conservés à la *Bibliothèque Nationale*, contiennent une longue Narration destinée à faire

(1) Nous analyserons ce document après le 6° qui s'y rapporte également.

connaître en Pologne les nouvelles expériences de Roberval et la révolution qui s'est faite dans ses idées. Roberval a commencé à rédiger cette lettre du 15 mai 1648. On y trouve le récit d'une discussion avec Descartes qui est nécessairement postérieure au 1 juin 1648. Les dernières pages, formant une sorte d'appendice ajouté après une interruption dans la rédaction de ce journal, ont été écrites après que la lettre de Perier, du 22 septembre 1648, annonçant le résultat de l'expérience du Puy-de-Dôme fût parvenue à Paris. Voici un résumé de cette *Narration*.

L'expérience du tube à mercure (celle de Torricelli) fournit-elle la preuve de l'existence du vide dans la nature? J'en ai douté jusqu'ici, dit Roberval, devant les résultats contradictoires des expériences que j'ai faites sur les oiseaux, les mouches, les vers de terre. J'ai décidé d'en faire d'autres : « mirum est autem quot et quanta admiserim ». Ses dépenses et sa peine n'ont pas été vaines : la lumière s'est faite pour lui et pour les autres. De toutes ces expériences il rappellera ici les principales.

1. Il a chauffé la partie du tube qui paraît vide ; le mercure est descendu : il y a donc là un corps capable d'expansion. Il ne soupçonnait pas que ce fût de l'air, parce qu'il croyait l'avoir expulsé avec le plus grand soin.

2. Il a versé du mercure dans le tube jusqu'à un pouce et demi de l'extrémité et il a achevé de le remplir avec de l'eau. Dans ce tube, renversé sur la cuvette, le mercure est en bas, l'eau au-dessus, surmontée de l'espace vide en apparence. Mais, du mercure et à travers l'eau, montent d'innombrables bulles. Quand on inclinait le tube « doner nullum jam spatium vacuum appareret », toutes ces bulles se réunissaient en un très petit volume. Il soupçonne qu'il est en présence d'une petite masse d'air qui se détend quand elle ne rencontre plus d'obstacle.

3. Il reprend l'expérience précédente, *sans acherer de remplir le tube avec de l'eau*, en d'autres termes, il remplace l'eau par l'air. La dépression de la colonne mercurielle est beaucoup plus grande que tantôt. C'est à cette expérience que Mersenne fait allusion dans sa lettre du 2 mai 1648 à Constantin Huygens : « Nous avons trouvé qu'un doigt d'air pur dans le vide ferait baisser le vif-argent d'un doigt, au lieu qu'un doigt d'eau mis

dans le même vide, ne le ferait baisser que de $\frac{1}{14}$ de doigt. »

Il y revient dans une lettre à Hévélius, du 1 juin 1648 : « Experior altitudinem novem digitorum aëris, digitos mercurii 10 deprimere, cum aquae novem digitorum altitudo solo digito mercurium inferius dejiciat ».

Roberval a répété plusieurs fois cette expérience dans des conditions variées : la dépression du mercure est d'autant moindre, toutes choses égales d'ailleurs, que le tube est plus long, sans pourtant que, même dans les tubes les plus longs, le mercure reprenne sa hauteur normale une fois qu'on a laissé entrer quelque quantité d'air que ce soit.

Il interprète cette expérience et en tire de multiples conséquences. Ici nous ne pouvons plus nous borner à le résumer, il faut que le lecteur ait le texte même sous les yeux (t. II, pp. 314 et suiv.).

L'air est expansif, compressible, élastique. — « Hinc ratiocinanti mihi ex legibus mechanicae, circa talem hydrargyri depressionem ab aëre inductam, constitit non posse elegantius aut magis secundum naturae leges ipsam explicari, quam si concedatur aër sponte (1) [quanquam aliud cum multis... in mea prima Narratione statuerim] ac se ipso rarefieri in tubo, ita ut totum illud spatium occupet quod apparet veluti vacuum ; neque tamen ideo totum exhauriri ejusdem aëris appetitum quo ipse fertur ad rarefactionem, ita ut idem, dum amplius adhuc spatium quaerit, premat undique (2). Corpora circumjacentia, quorum hydrargyrum solum cedere aptum est versus partem inferiorem, renitente tubo ex omni alia parte. Debet autem ad hoc intelligi aër hic noster quem respiramus, tantum possidere appetitum, seu tanta vi pollere ad sese dilatandum atque rarefaciendum, quanta est vis naturae elementaris ipsum comprementis seu condensantis. Quod etiam ipsius naturae legibus apprime quadrat et constantissime servatur in omnibus illis corporibus quibus resiliendi facultas ab ipsa natura concessa est, ut in arcubus, et aliis innumeris : quae quidem omnia

(1) « La phrase entre crochets a été rayée dans le manuscrit avec tant de soin que quelques mots sont complètement invisibles. »

(2) Nous reproduisons le texte tel que le donne M. L. Brunschvicg, mais le point, placé après *undique*, est évidemment une faute d'impression ou de transcription : il doit être supprimé.

corpora, donec tenduntur aut vi comprimuntur, modo non ultra metas virium suarum, numquam cessant reniti ; ac tanta vi ad resiliendum feruntur innato appetitu, quanta ab aliis corporibus trahuntur, aut impelluntur : ita tamen ut initio sui resultus, vis illa fit maxima, inde vero sensim languescat fiatque minor ac minor, ac tandem nulla ; postquam scilicet corpus resiliens ad debitum sibi statum redierit. Eodem modo, idem aër tubo inclusus, quandiu tubus ille clausus remanet ex utraque parte, tantum premitur atque condensatur quantus est nisus naturae elementaris ad premendum hunc nostrum aërem ; ideoque ille idem vi rursus pari, tali compressioni renititur, dilatari appetens, ut locum ampliorem sibi naturaliter debitum acquirat. Neque enim ille tubo inclusus minus premitur aut condensatur quam extra... Neque etiam idem ultra vires suas premitur... Atque ita ipse integris viribus ad rarefactionem perpetuo tendit ; ac revera rarefit statim ac eodem puncto temporis quo libertatem nanciscitur. »

Roberval applique ces principes à l'interprétation de sa troisième expérience, et il continue :

La pression de l'air extérieur sur le mercure de la cuvette fait équilibre au poids de la colonne soulevée. — « Scio equidem fore ut quibusdam non levis remaneat scrupulus : dum dico vires majores requiri ad hoc ut hydrargyrum magis deprimatur infra debitam altitudinem pedum $2\frac{7}{24}$; minores vero ut minus deprimatur. Existimabunt enim, forsan, nullas omnino vires requiri ; posito quod, ex nostra sententia, aër sponte rarefiat, ac in locum ab hydrargyro relictum libere succedat, majusque adhuc spatium occupare appetat : quo pacto, futurum videtur ut hydrargyrum innatà gravitate, totum ex tubo in scutellam sese exoneret, aër autem suopte ingenio per totum eumdem tubum dilatetur, majorem etiam tubum occupaturus, si major exiberetur. Verum hic scrupulus facile removebitur ab eo qui mechanica vel mediocriter calluerit, si respexerit ad vim illam qua partes totius naturae elementaris invicem comprimuntur ad unicum systema elementare constituendum : Intelligo vim illam quam communiter vocamus gravitatem... Posito enim quod gravitas illa in hac infima aëris regione, seu in superficie terrae tanta sit quantum est pondus hydrargyri sub altitudine pedum $2\frac{7}{24}$... Sic enim demum partes naturae elementaris aequilibrium constituent, quod omnis natura intendit ; alias autem,

turbato aequilibrio — tel est le cas du tube où on a introduit de l'air — partes illae continuo nisu ad tale aequilibrium, innato appetitu, revocabuntur... Eodem prorsus modo quo aqua in aequilibrio constituta... » Roberval se réfère aux principes généraux de l'équilibre des liquides, et rappelle les expériences des *Pneumatiques* d'Héron.

Expérience du vide dans le vide. L'hypothèse de la colonne d'air est démontrée par les expériences sur l'élasticité de l'air, et rattachée à ses vrais principes. — « Vides itaque nos, dum proposito dubio satisfacimus, simul rationem explicuisse cur in experimentis vulgaribus de vacuo, hydrargyrum, aut alius liquor, in certa quadam altitudine suspensus remaneat ; ut scilicet hac ratione servetur aequilibrium in natura elementari : Aër enim exterior pressus atque condensatus, pro ratione suae pressionis, premit hydrargyrum scutellae tanta vi quantum est pondus ipsius liquoris secundum altitudinem pedum $2\frac{7}{24}$ sumpti : huic pressioni nihil resistit ex interiore tubo, praeter hydrargyrum in eodem tubo contentum... unde ut resistentia hydrargyri tubo contenti aequalis sit pressioni aëris externi hydrargyro scutellae incumbentis, requiritur altitudo illa pedum $2\frac{7}{24}$.

Qu'arriverait-il si la pression de l'air extérieur sur le mercure de la cuvette pouvait être rendue plus grande ou plus petite? — « At, inquiet aliquis, si aër ille exterior hydrargyro scutellae incumbens, aliquo artificio, aut magis rarefiat, aut magis comprimatur, nunquid ideo minus servabitur altitudo illa pedum $2\frac{7}{24}$? — Haec sane non spernenda fuit multorum instantia, cui etiam *ante experimentum* respondi fore ut rarefacto magis illo aëre exteriore, ut sic minus premeret scutellae liquorem, tum tubi liquor infra praedictam altitudinem deprimeretur : contra autem ipso aëre exteriore condensato, ut sic magis scutellae liquorem premeret, fore ut tubi liquor altius intra ipsum tubum ascenderet. Et haec nostra assertio, frendentibus nostris adversariis, qui hujusce suspensionis liquoris intra tubum causam internam esse asserebant, experimento plane confirmata est : nos enim magno artificio, nec minoribus sumptibus, aërem illum exteriorem scutellae incombentem rarefacimus magis aut minus ad arbitrium, nullo calore adhibito ; et tunc tubi liquor magis, aut minus, in ipso tubo descendit, imo, eousque rarefaciendo devenimus, ut in tubo nullus liquor supra scutellam extaret ; sed

tubus ipse totus veluti vacuus appareret : tum aërem condensando, sensim ascendebat liquor, donec ad communem altitudinem deveniret. Rursus nos eumdem aërem scutellae incumbentem supra communem modum condensavimus : ac tunc tubi liquor supra communem altitudinem ascendit magis aut minus, pro ratione majoris aut minoris condensationis : unde patuit, talis suspensionis nullam aliam quaerendam esse causam praeter eam pressionem quae oritur ex nisu omnium naturae elementaris partium, dum illae ad unicum systema elementare constituendum conspirant... Vides igitur rursus varium ac multiplex fuisse hoc tertium experimentum, atque in multa resolvi potuisse ; sed quia ipsa ad unum finem, de spontanea aëris rarefactione, ejusdemque violenta condensatione, dirigebantur, ideo nos eorum narrationem in unum caput contraximus. »

« Roberval retrouve ainsi, écrit M. L.Brunschvicg, les résultats que Pascal avait montrés à Perier vers la fin d'octobre ou le commencement de novembre 1647. Les termes dont il se sert sont analogues à ceux de Pascal. Cependant son expérience paraît bien indépendante de la tentative de Pascal ; Roberval insiste en effet sur la complication des dispositifs qu'il a dû imaginer. Mais il ne les décrit pas, et la lacune de son récit n'est qu'en partie comblée par la *Gravitas comparata* du P. Noël (1).

» L'expérience de Roberval, poursuit M. L. Brunschvicg, a un intérêt direct pour l'historien de Pascal : en effet, l'appareil décrit par le P. Noël est le prototype de celui que Pascal utilise dans le *Traité de la pesanteur de la masse d'air* (2)...

» De l'expérience décrite par le P. Noël, comme des autres expériences rapportées dans la Narration où, en faisant varier la pression de l'air qui pesait sur la cuvette, on obtenait une hauteur mercurielle proportionnelle soit au degré de raréfaction soit au degré de condensation, Roberval concluait à la pesanteur de l'air... » — Non pas à la « pesanteur », mais à la pression d'élasticité de l'air.

» D'ailleurs exactement comme le fera Mersenne, dans le *Liber novus praelusorius,* Roberval n'ajoute à cette théorie incidente de la pesanteur de l'air qu'une importance secondaire : J'aurais pu séparer la troisième expérience en plusieurs, dit-il, car elle est fort complexe ; je ne l'ai pas fait afin de mieux marquer

(1) Nous avons cité (R 1908, p. 183-184) la description du P. Noël auquel Roberval avait fait voir cette expérience.

(2) Mais il diffère beaucoup de celui que Noël attribue à Pascal (R 1908, p. 179).

le but unique de ces diverses expériences, qui est de mettre en évidence la raréfaction spontanée et la condensation violente de l'air » — son élasticité, sa pression, et non pas son poids.

« Ce texte, déjà significatif, poursuit M. Brunschvicg, est confirmé par le témoignage de Pierius... « Aperte fatetur (Roberval) partem illam tubi superiorem vacuam non remanere, quod magni est momenti in Mathematico qui contrariam sententiam huc usque mordicus docuerat... Primum vellem non recurrisset ad gravitatem aëris prementis omnia haec inferiora : utque cum Philosophis conveniebat in conclusione praecipua, ita cum iisdem convenisset in ejusdem conclusionis explicatione. Peripatetici putant nihil omnino esse gravitatis in aëre... Scio equidem professorem hanc ipsam columnam et gravitatem aëris proposuisse dumtaxat ut rem probabilem, et aliam, licet levi brachio, attigisse. »

Quelle portée Mersenne et Roberval ont-ils attribuée à l'expérience du vide dans le vide ? Voici le texte de Mersenne auquel M. Brunschvicg fait allusion.

Le Minime vient de rappeler diverses expériences qui *ne suffisent pas* à résoudre cette question : un corps quelconque demeure-t-il dans la partie supérieure du tube, au-dessus de la colonne mercurielle ? Il ajoute immédiatement : « Porro vacuum in vacuo factum *clare satis* ostendit cylindrum aëreum exteriorem esse causam cur hydrargyri cylindrus tubo inclusus sit semper duos pedes et tres aut quatuor digitos altus; enim vero... »

Que signifie l'expression *clare satis* (Mersenne eût écrit *satis clare* que la même question se poserait) ? Si nous ne nous trompons, M. Brunschvicg la comprend ainsi : « assez clairement », *satis* affaiblissant le sens de *clare :* la question touchant la cause de l'ascension du mercure dans le tube est résolue « assez clairement » par l'expérience du vide dans le vide (t. I, p. XXXVII). Est-ce bien ce que Mersenne a voulu dire ? Ne dit-il pas tout autre chose ? Le sens naturel de *clare satis* n'est-il pas « suffisamment clair », clair autant qu'il faut. Le contexte ne permettrait-il pas de conserver à cette expression son sens naturel ? Il semble plutôt exiger

qu'on ne s'en écarte pas. A la question de savoir si quelque chose demeure dans le vide apparent, Mersenne vient de répondre : les expériences faites jusqu'ici ne suffisent pas à nous renseigner ; il en faut de nouvelles. Quant à la question de la cause de la suspension du mercure, elle est tranchée par l'expérience du vide dans le vide avec la clarté qui suffit à la preuve.

Pour adopter la nuance qu'introduit la traduction « assez clairement », ne faut-il pas une raison qui la justifie ? Y en a-t-il une autre que l'idée, qui semble préconçue, de trouver chez Mersenne une appréciation moins favorable de la portée de l'expérience du vide dans le vide ? Si nous nous permettons cette critique, c'est qu'elle nous paraît s'imposer par la manière dont nous venons de voir que M. Brunschvicg interprète le sentiment de Roberval sur la portée de cette même expérience. Est-il vrai que pour lui aussi elle n'a qu'une importance secondaire ?

Dans l'exposé de Roberval, l'expérience du vide dans le vide et la conséquence qu'il en tire relativement à la cause de la suspension du mercure, ne sont-elles pas les plus belles confirmations de sa découverte de l'élasticité et de la pression de l'air ? La *très grande importance*, la *portée décisive* qu'il attribue à cette expérience ne sont-elles pas nettement marquées en son texte ? Ses auditeurs ne les ont-ils pas parfaitement comprises ? Ils grincèrent des dents, dit Roberval, eux « *qui hujusce suspensionis liquoris intra tubum causam internam esse asserebant* ». Et il y revient avec insistance : « *unde patuit talis suspensionis nullam aliam quærendam esse causam præter eam pressionem.* » Pour lui, la question est définitivement tranchée. Elle l'est aussi, croyons-nous, pour Mersenne, et, au témoignage d'Auzoult rapporté par Baillet — nous le citerons plus loin — elle l'est également pour tous les savants mathématiciens de Paris,

que la présence de Descartes réunit au couvent des Minimes où Roberval refait cette expérience décisive.

La Narration écrite de Roberval n'a gardé aucune trace de l'hésitation dont parle Pierius. Entre la conviction qu'elle exprime et la remarque intéressée du péripatéticien battu et mécontent, le choix peut-il être douteux ?

Mais si l'expérience du vide dans le vide a tranché la question de la cause de la suspension du mercure, la portée de l'expérience du Puy-de-Dôme en est singulièrement amoindrie. Certes elle n'a point perdu tout son intérêt, mais elle n'est plus, elle ne peut plus être, que la confirmation d'une vérité reconnue. Que, de fait, Roberval en ait jugé ainsi, cela paraît ressortir de la manière dont il parle de cette expérience, au moment même où elle vient d'être faite avec succès par Perier. On lit, en effet, dans l'appendice de sa seconde Narration :

« Secundum curavit D. de Paschal experimentum fieri a pluribus observatoribus eodem tempore, quorum alii ad radicem unius ex altioribus Averuiae montibus stabant, alii ad verticem ascenderant, cujus altitudo perpend. supra radicem non minor est pedibus 2400, ibi repetito pluries experimento eodem die, sed diversissimo aere, nunc sereno, nunc nubiloso, nunc pluvioso ; non quidem mutata est in vertice montis altitudo hydrargyri ; sed illa tribus totis digitis minor inventa est quam in radice, ubi etiam per totum illud tempus invariata permansit. Sed et descendendo, circa mediam montis altitudinem, decesserat de praedicta differentia trium digitorum prope dimidium pars, ut illa ibi esset tantum sesquidigiti circiter... »

Pas un mot qui donne à penser que Roberval ait vu, dans cette expérience, un apport nouveau à la solution de la question : quelle est la cause de la suspension de la colonne mercurielle ? Pas un mot d'éloge pour Pascal, l'organisateur de cette expérience que la lettre à Perier et le *Récit* nous présentent comme « la grande expérience », la « seule décisive », alors qu'en

d'autres circonstances Roberval est si prodigue de compliments à l'égard de Pascal. S'il eût jugé insuffisante la preuve de l'hypothèse de la colonne d'air fournie par l'expérience du vide dans le vide ; s'il eût attendu du succès de l'expérience projetée par Pascal un complément nécessaire à la démonstration de l'hypothèse de Torricelli, en eût-il parlé de la sorte ? Il ne la rattache même pas à la solution du problème si longtemps débattu ; l'intérêt qu'il y prend tient à d'autres préoccupations : comment se comporte le baromètre en temps serein ou nébuleux ? des hauteurs du mercure relevées par Perier, peut-on tirer quelque renseignement sur la hauteur de l'atmosphère ? Il semble croire, il laisse même entendre que Pascal n'a imaginé cette expérience que pour étudier l'influence de l'état du ciel sur la hauteur barométrique. Au moment où il écrivait cette page, Roberval avait pu lire la *relation* de Perier, il ne connaissait certainement pas le *Récit*.

La seconde Narration s'achève par l'exposé de recherches et de discussions qui toutes roulent sur l'élasticité de l'air et la nature du vide apparent : c'est cette dernière question seule désormais que l'on agitera ; c'est elle seule, comme le remarque M. Brunschvicg, qui cause les angoisses de Mersenne et dont il entretient ses amis.

Roberval insiste sur l'expérience de la « vessie de carpe » ; il en prend occasion pour affirmer, à plusieurs reprises, que la découverte de l'élasticité et de la pression de l'air est bien à lui et le résultat de ses expériences.

« Quae omnia *nostram assertionem* de rarefactione et condensatione aëris ita confirmabant, ut nullus jam de ea dubitaret, sed omnes palam assentirentur, praeter pauculos, nobis jam diu adversarios, qui tamen vulgo irridebantur ; cum aperte constaret ipsos ideo rem sic manifestam negare, quod falsam

existimabant, sed tantum quia *veritas illa a nobis primum detecta esset...*

» His tot praecipuis, et multis aliis minoribus experimentis cum publice in Scholis Regiis coram universâ parisiensi Academiâ, tum privatim apud nos et nostros amicos, multoties exhibitis, ac pluries recensitis ; nemo extitit qui non miraretur stupendam illam et tamen spontaneam aëris rarefactionem *huc usque ignotam.* »

Descartes est à Paris ; le débat se poursuit en sa présence. Baillet nous semble avoir très nettement caractérisé l'état des esprits, après cette expérience du vide dans le vide. Les mathématiciens de Paris s'assemblaient souvent, dit-il... On répétait les expériences du vide... C'est sur la nature du vide apparent que l'on discutait... Descartes assistait plutôt en spectateur, mais il intervenait parfois pour défendre ses principes ; et il ne laissa « point de détromper ceux qui croyoient qu'il n'avoit pas encore songé jusqu'alors à la pesanteur de l'air comme à la cause des effets que le vulgaire des philosophes avoit toûjours attribué à l'horreur du vuide. C'est une observation qu'il avoit faite longtemps auparavant, et même devant Torricelli, par qui tous ces sçavants Mathématiciens de Paris confessoient avior esté devancez dans cette opinion ». devenue la leur aujourd'hui. C'est d'Auzoult, qui avait assisté à ces réunions, que Baillet dit tenir ces détails.

Cette seconde Narration de Roberval est certes un des plus précieux documents que nous apporte la nouvelle édition des *Œuvres de Blaise Pascal*, que recommandent tant de mérites excellents. On la lit tout entière avec le plus vif intérêt ; mais l'impression qu'on emporte de cette lecture et que le commentaire de M. Brunschvicg n'efface pas, est-elle favorable à la preuve de l'intégrité absolue de la lettre de Pascal à Perier ? Nos lecteurs ont les textes sous les yeux, ils en jugeront. Sans prétendre nullement leur faire par-

tager notre sentiment, nous leur devons cependant les raisons du doute que nous venons d'émettre. Nous les trouvons dans les réflexions que suggère le rapprochement de cette seconde Naration et de la lettre de Pascal à son beau-frère.

Pascal, dans cette lettre, ne dit pas qu'il est l'inventeur de l'expérience du vide dans le vide ; alors que, dans cette même lettre et immédiatement après avoir décrit l'expérience des deux tuyaux, il revendique l'idée première de l'expérience du vide à des altitudes différentes dont il prie Perier de se charger. Ce silence est étrange : à cette époque de sa vie, en effet, Pascal se montre très jaloux de ses droits de propriété scientifique. Cette expérience du vide dans le vide, la plus récente au moment où il écrit à Perier, et à coup sûr « la plus belle de ses découvertes », la plus importante, est la seule qu'il ne revendique nulle part. Pourquoi ? Son expérience était-elle moins complète, moins convaincante que celle de Roberval ? La description qu'il en donne ne permet pas de le penser. Le dispositif, l'appareil ont pu être compliqués et encombrants ; les effets montrés à Perier n'ont pas eu à en souffrir, ils ont été aussi nets, aussi précis qu'ils pouvaient l'être.

« Vous vistes, écrit Pascal, que le vif-argent du tuyau intérieur demeura suspendu à la hauteur où il se tient par l'expérience ordinaire, quand il estoit contrebalancé et pressé par la *pesanteur* de la masse entière de l'air, et qu'au contraire, il tomba entièrement, sans qu'il luy restat aucune hauteur ny suspension, lorsque, par le moyen du Vuide dont il fust environné, il ne fut plus du tout pressé ni contrebalancé d'aucun air, en ayant esté destitué de tous costez. *Vous vistes en suite que cette hauteur ou suspension du vif-argent augmentoit ou diminuoit à mesure que la* PRESSION *de l'air augmentoit ou diminuoit et qu'en fin toutes ces diverses hauteurs ou suspensions du vif-argent se trouvoient toujours proportionnées à la* PRESSION *de l'air.*

» Certainement après cette expérience, il y avoit lieu de se persuader, que ce n'est pas l'horreur du Vuide, comme nous

estimons, qui cause la suspension du vif-argent dans l'expérience ordinaire, mais bien la pesanteur et pression de l'air qui contrebalance la pesanteur du vif-argent. Mais parce que tous les effets de cette dernière expérience des deux tuyaux, qui s'expliquent si naturellement par la seule pression et pesanteur de l'air, peuvent encores estre expliquez assez probablement par l'horreur du Vuide, Je me tiens dans cette ancienne maxime, résolu neantmoins de chercher l'éclaircissement entier de cette difficulté par une expérience décisive. J'en ay imaginé une qui pourra seule suffire pour nous donner la lumière que nous cherchons, si elle peut estre exécutée avec justesse. C'est de faire l'expérience ordinaire du Vuide plusieurs fois en mesme jour, dans un mesme tuyau, avec le mesme vif argent, tantost au bas et tantost au sommet d'une montagne, eslevée pour le moins de cinq ou six cens toises... Vous voyez desja sans doute, que cette expérience est décisive de la question, et que, s'il arrive que la hauteur du vif-argent soit moindre au haut qu'au bas de la montagne... il s'ensuivra nécessairement que la pesanteur et pression de l'air est la seule cause de cette suspension du vif argent et non pas l'horreur du Vuide, puisqu'il est bien certain qu'il y a beaucoup plus d'air qui pèse sur le pied de la montagne, que non pas sur son sommet ; au lieu qu'on ne sçauroit pas dire que la Nature abhorre le Vuide au pied de la montagne plus que sur son sommeil. »

C'est ici qu'est le nœud de la controverse. La notion du *poids de la colonne d'air*, pesant tout entier, puis supprimé totalement, dans la première partie de l'expérience, et celle de la *pression d'une masse d'air en vase clos*, qui seule est en jeu dans la seconde partie, sont absolument indépendantes : on peut posséder la première et ne rien savoir de la seconde. Mersenne nous en donne le plus bel exemple : il possède à ce point la notion nette du *poids* de la colonne d'air qu'il a pu, avec une parfaite clarté, tracer le projet de l'observation du baromètre en plaine et sur le sommet d'une montagne ; mais en même temps, il s'émerveille de voir un pouce d'air, si léger, déprimer, en une enceinte fermée, la colonne mercurielle bien plus qu'un

pouce d'eau, si lourd. Il n'a pas la notion de pression de l'air en vase clos.

Ces deux notions, le *poids* de la colonne d'air et la *pression* d'une masse d'air en un volume fermé, ne sont pas seulement indépendantes ; il y a entre elles un abîme qui n'a pu être comblé que par des recherches équivalentes à celles que Roberval expose dans sa seconde Narration.

Or pour réaliser la seconde partie de son expérience des deux tuyaux, telle qu'il la décrit et l'interprète, Pascal a dû posséder, *dès le mois d'octobre 1647*, sur l'*élasticité propre* de l'air, sur la *pression* d'une masse d'air en vase clos, sur la *variation* de cette pression avec le volume qui contient cette masse d'air, les notions que Roberval expose dans sa seconde Narration. Les recherches expérimentales sur lesquelles reposent ces notions, étaient-elles faites par Pascal ou par Roberval, avant le mois d'octobre 1647 ? M. Brunschvicg se garde de l'affirmer : mais, dans le commentaire de la lettre de Pascal à Perier, il nous donne ce renseignement (t. II, p. 158) — c'est nous qui soulignons :

« La *première* Narration de Roberval montre (p. 25-26) comment *Pascal savait, dès les expériences de Rouen, augmenter et diminuer la pression de l'air*, d'une part en faisant rentrer de nouvelles bulles d'air dans le tube, d'autre part en soulevant l'appareil de façon à agrandir l'espace au-dessus de la colonne du liquide. »

La première Narration de Roberval montre, en effet, Pascal faisant entrer de l'air dans le tube, inclinant et redressant celui-ci ; mais loin de nous dire que ces opérations se faisaient pour « *augmenter et diminuer la pression de l'air* », elle nous apprend qu'elles n'avaient aucun rapport avec la *pression* d'expansion dont on n'avait pas alors la *moindre notion*. Il faut bien que nous citions encore une fois le latin de Roberval pour ne point risquer de trahir sa pensée en le tradui-

sant. Voici le passage de la première Narration, auquel renvoie M. Brunschvicg :

At antequam tubus ex scutella extraheretur, si ille sic inclinaretur, ut apex illius ad altitudinem praedictam pedum $2\frac{7}{24}$ praecise perveniret, nullum adhuc vacuum eo in statu cernebatur, cum tamen sic hydrargyrum totam suam altitudinem obtineret ; atque ideo et *omnes suas vires exerceret, ad aerem* si quis esset, *trahendum ad se et sensibiliter rarefaciendum* — cet air, « si quis esset », n'exercerait, dans la pensée de Roberval *aucune pression* sur le mercure ; ce serait, au contraire, le mercure qui exercerait sur lui une *traction* pour l'amener à un volume plus grand que son volume naturel. — Immo admissa sponte, in tali inclinationis statu, aeris gutta (quod facile est) illa ab omnibus, et dum in tubum per hydrargyrum ascenderet, et dum, eo superato, in summo ipsius nataret, facile cernebatur : sique eadem satis ampla existeret, inclinato magis ac magis tubo, magis ac magis comprimebatur ; *quippe ad ingenium redibat* — en se contractant d'elle-même, et en retournant ainsi spontanément à son état naturel — *quia ab hydrargyro minus alto minus trahebatur, minusque rarefiebat* — Cette bulle d'air est donc une façon de caoutchouc, qui possède un *volume naturel,* qui *ne tend nullement à en changer en se dilatant spontanément, qui n'exerce dès lors aucune pression sur les corps qui l'entourent,* mais qui cède à une *traction* capable de l'étendre plus ou moins suivant que cette *traction* est plus ou moins forte, et qui tend à reprendre ses dimensions naturelles dès que cette traction diminue — at a contrario, dum tubus sensim *elevaretur* (1) *fieretque hydrargyrum altius, atque idem ad trahendum et rarefaciendum aerem potentius,* tum gutta aeris magis dilatabatur — non d'elle-même, mais toujours sous l'effort de cette *traction* plus grande — et tum erecto ad perpendiculum tubo hydrargyrum ad praedictam altitudinem non omnino ascendebat. — Pourquoi ? Il n'importe. Il est inutile de

(1) Faut-il comprendre qu'on *soulevait* le tube verticalement, ou qu'on le *redressait* après l'avoir incliné ? Le contexte s'accorde mieux du second sens. D'ailleurs le mot *scutella,* une écuelle, ne peut signifier le vase profond nécessaire à la manœuvre que suppose M. Brunschvicg ; aussi quand Roberval, dans sa seconde Narration, alors qu'il possède la notion de pression, veut augmenter celle-ci, il *incline* le tube ; quand il veut la diminuer, il le *redresse,* ou se sert, pour cette manœuvre, de *tubes plus ou moins longs.*

rechercher quelle explication Roberval pouvait donner de ce phénomène ; ceci nous suffit : très certainement, dans sa pensée, cette dépression n'était pas due à la *pression*, sur le mercure, de l'air introduit dans la partie supérieure du tube : il ignore cette pression, il ne peut donc l'invoquer. Pour lui cette masse d'air étendue par *traction* n'a qu'une seule tendance, celle de reprendre en *se contractant spontanément*, son volume naturel ; elle ne *presse* donc pas sur le mercure. Plus tard, dans la seconde Narration, ce sera cette dépression de la colonne mercurielle surmontée d'une masse d'air, qui mettra Roberval sur le bon chemin et le conduira à la *découverte de la pression ;* lui-même d'ailleurs reconnaît explicitement dans sa seconde Narration qu'il ne possèdait pas cette notion quand il écrivait la première.

Ce sont ses propres idées sans doute, que Roberval expose ici. Il ne dit pas que Pascal partageait ses vues sur les propriétés de l'air ni qu'il interprétait comme lui ces expériences; il ne dit pas non plus le contraire. Peut-on dire que les deux collaborateurs, Pascal et Roberval, sont ici en parfaite communauté d'idées ? On le doit, si l'on accepte cette opinion de M. Strowski (*Hist. de Pascal*, p. 88, note 1) :

« Les *Expériences nouvelles* de Pascal et la (première) *Narration* de Roberval ont été composées en même temps par deux amis qui habitaient la même ville et qui étaient en communauté de recherches, de méthodes et de sentiments. Il faut donc, ne pas les opposer, mais les réunir comme deux ouvrages faits en collaboration et qui se complètent l'un l'autre, qui ne se répètent pas, qui constituent un tout. » M. Brunschvicg semble bien partager cette manière de voir, quand il écrit (t. II, p. 20) : « La lettre à des Noyers (la première Narration de Roberval) est une pièce essentielle à la connaissance de la pensée de Pascal. »

S'il en est ainsi, l'intégrité absolue de la lettre de Pascal à Perier n'est-elle pas singulièrement compromise ? Car — il faut y insister — aussi longtemps qu'il s'agit d'observer le baromètre à l'*air libre*, dans la plaine ou au sommet d'une montagne, ou encore à l'*air libre* et en un *vase vide*, il suffit de raisonner sur le « *poids* de l'air », pour rendre compte des faits, ou les

prévoir ; des notions sur l'élasticité de l'air, sur sa *pression* d'expansion sont superflues. Mais il en va tout autrement quand il s'agit d'observer le baromètre en un *vase clos* contenant une certaine quantité d'air. Ici le *poids* n'est rien, la *pression* est tout. Roberval eût pu, dès le mois d'octobre 1647, réaliser la *première partie* de l'expérience montrée à Perier en dépit de ses *idées erronées* sur l'élasticité et *nulles* sur la *pression* de l'air : la considération du *poids* seul lui eût suffi. Pour imaginer la seconde partie, et l'interpréter de la façon dont Pascal s'y prend dans sa lettre à Perier, Roberval devra parcourir la distance énorme dont la seconde Narration marque les étapes : il devra acquérir la notion de *pression*. Avant lui et dès la fin d'octobre 1647, Pascal avait-il franchi cette distance et acquis cette notion ? Que doivent répondre MM. Strowsky et Brunschvicg pour être conséquents à eux-mêmes ? Et que faut-il penser alors de la lettre à Perier ?

Que Pascal ait pu faire ces recherches et acquérir cette notion, personne ne le niera. Qu'il ait pu être amené à y songer par la lecture de la lettre de Torricelli à Ricci, c'est possible, à la condition d'admettre qu'il a connu cette lettre plus tôt qu'il ne semble le dire et qu'il y a vu plus clair que Mersenne et Roberval. Mais qu'il ait, en réalité, possédé, dès la fin d'octobre 1647, la notion nette de la *pression* au sein d'une masse gazeuse en vase clos, rien ne l'indique ni dans la lettre de Petit à Chanut, ni dans les deux narrations de Roberval, ni dans les *Expériences nouvelles* : cette notion apparaît brusquement dans la lettre à Perier et établit, entre cette lettre et l'Abrégé, entre la première et la seconde partie de son expérience, un contraste frappant. Peut-être ce contraste n'est-il pas inexplicable, mais il est jusqu'ici, croyons-nous, inexpliqué, et ne peut être laissé dans l'ombre.

Il faut insister aussi sur la manière dont Roberval

présente son expérience du vide dans le vide. Connaît-il celle que Pascal a montrée à Perier, vieille de six mois au moment où il écrit sa seconde Narration ? Rien ne permet de le croire. Roberval présente son expérience comme une nouveauté en son genre, comme une invention bien à lui, à laquelle l'ont conduit des recherches personnelles, récentes et neuves sur l'*élasticité* et la *pression* de l'air. Il semble bien que pour ses auditeurs aussi tout cela ait été inattendu.

Roberval expose les circonstances qui l'ont amené à son invention. C'est une objection qu'il se fait ou, semble-t-il, qu'on lui oppose, et à laquelle il répond « etiam ante experimentum ». C'est cette objection qui l'amène à créer son expérience de toutes pièces, à grand' peine et à grands frais. L'objection elle-même ne prouve-t-elle pas que ceux qui la soulèvent ne connaissent pas plus que lui l'expérience de Pascal ? Les grincements de dents qui accueillent les résultats de cette expérience ne témoignent-ils pas du dépit et de la surprise des spectateurs? Pour eux, comme pour Roberval, l'expérience est donc nouvelle, non dans sa forme seulement, mais dans son principe, dans ce qu'elle fait voir, dans ce qu'elle démontre. Pour tous aussi elle est capitale.

Autant de raisons qui imposent à Roberval le devoir de rappeler le nom de Pascal qui l'a précédé dans cette voie. Il n'en fait rien, alors qu'il n'y manque pas, quelques pages plus loin, quand, utilisant une des expériences de Rouen, il s'empresse d'en nommer l'auteur avec grand éloge : « non sagacem modo et veritatis studiosum, sed praeterea magnificum... qualem hoc in negotio habuimus nobilissimum virum Dominum de Pascal. »

Et maintenant, que le lecteur veuille bien relire l'extrait de la lettre de Pascal à Perier cité plus haut (p. 176-177). Pour imaginer et réaliser l'expérience du

vide dans le vide telle qu'elle y est présentée. Pascal a dû posséder, sur l'*élasticité* et la *pression* de l'air, la doctrine que Roberval expose et revendique dans sa seconde Narration, en la fondant sur des expériences personnelles, nouvelles et postérieures à la lettre à Perier. Cette doctrine rattache l'hypothèse de Torricelli à ses vrais principes : l'air *presse* les corps qu'il touche ; cette *pression* est la conséquence de son *élasticité* propre ; elle croît dans l'air de plus en plus *condensé*, elle diminue dans l'air de plus en plus *raréfié* ; c'est elle qui soutient la colonne mercurielle à une hauteur qui dépend de sa valeur au sein de l'air où le baromètre est plongé. Le problème a changé de face : le *poids* de l'air est accessoire, sa *pression* est tout.

Tout cela, Pascal devait le savoir en octobre 1647, aussi bien que Roberval après les expériences que rappelle sa seconde Narration. Or, *dans ces conditions*, est-il vrai de dire que l'expérience du Puy-de-Dôme est « seule décisive de la question » : quelle est la cause de la suspension du mercure dans le baromètre ? En réalité, cette expérience est moins complète, et dès lors moins probante, que l'expérience du vide dans le vide : ici la *pression* peut varier au gré de l'opérateur ; là sa variation est limitée aux pressions qui règnent de la base au sommet de la montagne. Les « effets » de l'expérience des deux tuyaux contiennent ceux de l'expérience en montagne. Il s'ensuit que si l'on peut expliquer ceux-là « assez probablement » par l'horreur du vide, on aura du même coup et avec la même probabilité expliqué ceux-ci. La raison que donne Pascal pour affirmer le contraire n'est plus recevable : si l' « on ne sçaurait dire que la Nature abhorre le Vuide au pied de la Montagne » — dans l'air *condensé* de la plaine — « plus que sur le sommet » — dans l'air *raréfié* des hauteurs — on ne peut non plus dire que l'horreur du vide soit plus

grande dans l'air *condensé* que dans l'air *raréfié* de l'appareil à deux tuyaux.

Au contraire, tout, dans ce passage de Pascal, devient cohérent et parfaitement logique *si l'on supprime les six lignes consacrées à la description de la seconde partie de l'expérience du vide dans le vide ;* nous les avons soulignées dans notre texte. Pour imaginer et réaliser la *première partie* de cette expérience, il a suffi à Pascal de posséder la notion du *poids* de l'air : sa lettre devient indépendante de la seconde Narration de Roberval. De l'expérience montrée à Perier et *réduite à ces proportions*, il est très vrai de dire qu'on peut en expliquer « assez probablement » les effets par l'horreur du vide. Il est parfaitement exact d'en conclure que l'expérience du Puy-de-Dôme sera, dans ces conditions, « seule décisive de la question », et cela pour la raison péremptoire qu'en donne Pascal.

La lettre à Perier doit être indépendante de la seconde Narration de Roberval qui lui est postérieure. Elle l'est, et elle devient cohérente et logique si l'on en supprime les six lignes consacrées à la seconde partie de l'expérience des deux tuyaux. Reste-t-elle indépendante des recherches de Roberval et ne devient-elle pas inconsistante, si l'on conserve ces six lignes ?

« 7° Le texte de la *Gravitas comparata* (1) que M. Mathieu paraît avoir eu sous les yeux, mais dont M. Strowski a le premier remarqué la signification (Revue Bleue, 5 octobre 1907) ne permet pas de douter que Pascal soit l'auteur de la première forme de l'expérience du vide dans le vide, B 781 et D 203. »

Nous avons cité (2), d'après l'*Histoire de Pascal* de

(1) « Les expériences que Roberval lui montra, dit M. Brunschvicg, inspirèrent au P. Noël de reprendre à nouveau l'exposé de ses théories physiques ; de là cette *Gravitas comparata*... » Elle s'inspire, en effet, visiblement des conférences de Roberval dont la seconde Narration nous apporte l'écho.

(2) B 1908, p. 179.

M. Strowski, le passage de la *Gravitas comparata* où Noël décrit une expérience du vide dans le vide comme « la plus récente et la plus belle découverte de Pascal », dit M. Brunschvicg (t. II, 81). Il affirme qu'elle est de Pascal : « Hoc novum est experimentum ingeniose sane praeter alia multa, non ita pridem a Domino Pascal inventum. »

La description qu'il en donne rappelle celle que Pascal donne lui-même du dispositif et de la *première partie* de l'expérience montrée à Perier avant le 15 novembre 1647.

La *Gravitas comparata* est, au plus tôt, de juin 1648. Il semble certain qu'elle est antérieure à l'expérience du Puy-de-Dôme, dont elle ne parle pas ; il est même vraisemblable, d'après une remarque de M. Brunschvicg, qu'elle est antérieure au 1 septembre 1648, date de la mort du P. Mersenne, car, en citant, comme il le fait, le savant minime, le P. Noël n'eût pas manqué de joindre à son nom quelques formules d'éloge.

L'expérience est « nouvelle », dit Noël. Faut-il comprendre qu'elle est nouvelle relativement à celles que décrit l'*Abrégé* publié le 8 octobre 1647 ? En réalité, elle serait contemporaine de cette publication. Noël ignore sans doute la date précise de l'invention : l'expérience est nouvelle pour lui qui ne la connaît que depuis peu. De ce qualificatif « novum », non plus que de l'expression « non ita pridem inventum », il ne paraît possible de tirer une conclusion précise relativement à la date de l'invention de Pascal.

Il y aurait donc une expérience du vide dans le vide, différente de celle de Roberval, et touchant laquelle nous possédons trois témoignages certains, et deux autres qui, peut-être, s'y rapportent.

Le premier est celui de Pascal. Sa lettre à Perier fixe approximativement la *date de l'invention :* elle est antérieure au 15 novembre 1647 ; mais elle se tait sur

le nom de l'inventeur. Ce silence doit être expliqué, nous l'avons dit déjà : de la part de Pascal, à cette époque de sa vie, le silence en pareil cas et considéré en soi, équivaut à l'aveu que l'expérience n'est pas de lui. De plus — nous avons insisté sur ce point capital — l'expérience que décrit Pascal contient une *seconde partie*, qui la rattache intimement à la doctrine de la seconde Narration de Roberval.

Le second témoignage est de Mersenne. Il est possible que la description *très écourtée* de l'expérience du vide dans le vide qu'on lit dans son *Liber novus praelusorius* (1), se rapporte à la *première partie* de l'expérience dont parlent Pascal et le P. Noël ; mais Mersenne ne donne *ni la date de l'invention ni le nom de l'inventeur*.

Le troisième témoignage est celui de Noël. La date de l'invention n'y est pas précisée : il semble cependant que Noël, qui écrit entre les mois de juin et de septembre, ne la croit pas vieille de huit ou neuf mois. En tout cas, s'il l'avait connue plus tôt, il l'eût citée sans doute dans le *Plein du vide* ou dans son *Plenum*. En revanche, il est absolument précis sur le nom de l'inventeur : l'*expérience qu'il décrit est de Pascal*.

On lit, dans la seconde Narration de Roberval (2) un passage qui nous paraît devoir être rapproché de la description que le P. Noël donne de l'expérience de Pascal : le voici :

Roberval s'efforce de faire voir qu'il reste souvent des bulles d'air adhérentes aux parois, et qui gagnent le haut du tube. Pour faciliter l'observation de ces bulles, il imagine de *ralentir*

(1) « Tubus gracilior in crassiore vacuo conclusus non potest suum mercurium retinere, qui penitus descendit : moxque regreditur in eum cum aër in crassiorem ingreditur : de quo fusius et clarius alio loco. » Ici encore l'expérience est réduite à sa *première partie* : le *poids* de la colonne d'air est en jeu, non la considération de la *pression* de l'air en *vase clos*.

(2) T. II, pp. 323-324.

la chute du mercure après qu'on a renversé le tube sur la cuvette. Pour cela, après avoir rempli le tube, au lieu d'en boucher l'ouverture avec le doigt, il *la coiffe d'un morceau de vessie de porc* « multis fili circumvolutionibus, membranae tympani instar, circumligatae ». Il renverse alors le tube, en plonge l'extrémité coiffée dans la cuvette, et *perce la membrane d'un trou d'aiguille :* dans ces conditions, le mercure descend lentement du tube dans la cuvette « quousque altitudo solita remandat pedum $2\frac{7}{24}$, *aut etiam minor, si adhibita industria aër scutellae incumbens rarefiat.* »

Voilà donc une seconde forme de l'expérience du vide dans le vide, dont les éléments essentiels rappellent ceux du dispositif que Noël attribue à Pascal. Roberval aurait-il réalisé aussi cette expérience sous la forme même où Pascal l'aurait montrée à Perier ? L'indication est bien vague pour qu'on puisse en tirer sûrement cette conclusion. Quoi qu'il en soit, ici non plus Roberval ne fait la moindre allusion à Pascal.

Enfin dans la préface des *Traités* posthumes, écrite vraisemblablement par Perier lui-même, il est dit à propos de l'expérience « du vuide dans le vuide qu'il (Pascal) fit avec deux tuyaux l'un dans l'autre vers la fin de l'année 1647 » :

« Il n'en est pas néanmoins parlez dans les deux Traitez que l'on publie maintenant, parce que *l'effet en est tout pareil à celuy de l'Expérience qui est rapportée dans le Traité de la pesanteur de l'air* chap. VI, p. 105, *qui ne diffère de l'autre qu'en ce que l'une se fait avec un simple tuyau, et l'autre avec deux tuyaux l'un dans l'autre.* »

Or l'expérience à laquelle Perier renvoie se réduit à la *première partie* de celle de la lettre du 15 novembre 1647 : Pascal, dans son *Traité*, en a supprimé toute la *seconde partie*, la plus importante incontestablement, et Perier semble avoir oublié complètement qu'elle lui fut montrée.

« 8° et 9° Le texte de la *Réponse* au *Rabat-Joie* de 1656 me paraît ne pas permettre de contester le sens naturel de l'expression *ces jours passés* [dans la lettre de Pascal à Perier] C. 185, E. 362... Les documents découverts à Clermont par M. Jaloustre, fixent la date de la commission de Perier dans le Bourbonnais... »

Voici le résumé de ces documents.

Le 13 septembre 1647, Perier n'est pas à Clermont (Lettre du 13 septembre de Le Tenneur à Mersenne). Le 19 septembre il est rentré (Documents publiés par M. Jaloustre). Le 3 octobre au Conseil de Clermont, Perier, qui avait été, en sa qualité d'échevin, député à Paris pour soutenir « en cour » les affaires de la ville, prévoit un voyage à Paris, sans cependant s'engager à prolonger son séjour jusqu'à la solution des affaires en cour, à cause « d'une Commission du roy avec M. Phelipeaux, intendant de la Justice en Bourbonnais » (Jaloustre). Le 14 octobre, il montre chez lui aux plus curieux de la ville les expériences du vide (Lettre du 21 octobre 1647 de Le Tenneur à Mersenne). Le 26 octobre, Perier qui a quitté Clermont fait savoir au Conseil qu'il est obligé de revenir sur l'acceptation conditionnelle du 3 octobre. Il ne lui est pas possible de faire « le voyage en cour » dont il avait été chargé par l'assemblée du pays, « au sujet des affaires qu'il a dans le Bourbonnais pour les propres affaires du roy, à laquelle il fault nécessairement qu'il vaque et qu'il s'y emploie avec toute la diligence et sans aucun divertissement... »

Mais, ajoute M. Brunschvicg, l'abandon du « voyage en cour » qui retint l'échevin envoyé à la place de Perier jusqu'à la fin de l'année au moins, n'exclut naturellement pas un court séjour à Paris, coïncidant avec l'investiture de la commission en Bourbonnais *vers la seconde quinzaine d'octobre*.

Pour le calcul des délais nécessaires à ce voyage, de Clermont à Paris, il suffit de se rapporter à un opuscule publié dans les *Œuvres* de Pascal : *Response à un écrit publié sur le sujet des Miracles qu'il a pleu à Dieu de faire à Port-Royal* (Paris, 1656). On y voit que M. Perier, mandé par une lettre de Jacqueline Pascal à sa sœur (voir les *Mémoires* d'Hermant, éd. Cazier, 1906, t. III, p. 187), écrite le 24 mars, quatre heures avant le miracle, pour assister à l'incision et à l'application du bouton de feu, arriva de Clermont et vit sa fille à Port-Royal de

Paris « le 5 d'Avril ». Page 6 de l'édition originale, et *apud* Bossut, t. III, p. 461.

Ce serait donc dans la dernière quinzaine d'octobre ou les premiers jours de novembre 1647 que Pascal aurait montré à Perier l'expérience du vide dans le vide.

Nous serions complètement fixés sur la valeur de cette conclusion, si nous connaissions le lieu d'origine de la lettre de Perier annonçant au Conseil de Clermont, *le 26 octobre*, qu'il ne peut faire « le voyage en cour ».

Dans l'hypothèse de M. Brunschvieg, au moment où Pascal prie Perier de monter sur le Puy-de-Dôme, il ne peut ignorer « la commission qu'il a dans le Bourbonnais pour les propres affaires du roy, à laquelle il fault nécessairement qu'il vaque et qu'il s'y emploie avec toute diligence et sans aucun divertissement... »

» 10° La lettre de Mersenne (1) ne permet pas d'écrire : « *Le plein du vide* serait donc peut-être ce livre de Noël dont Mersenne annonçait l'envoi à Huygens le 2 mai 1648, sans lui en donner le titre » B. 786. Le *Plein du Vide* est écrit en français, le texte de Mersenne porte : *Livre nouveau latin* (voir la note de Strowski, *op. cit.*, p. 113).

» 11° La lettre où Hobbes envoie à Mersenne la critique du *Plein du Vide*, imprimé dès janvier 1906 par Tönnies (2) ne permet pas de reculer jusqu'au mois de juin 1648 la lettre à M. Le Pailleur où Pascal adhère à la thèse de la pression atmosphérique, B. 784 et EB. 68. La lettre est au plus tard de mars 1648 (3).

(1) Lettre à Christiaan Huygens, du 2 mai 1648 : « Je désire que vous ne perdiez pas l'occasion de pouvoir lire ce Livre nouveau latin du Vuide, que vient de faire le Recteur du Collège des Jésuites d'icy, qu'il envoie à M. Descartes, et qu'il recevra s'il vous plaist, de vostre part, après que vous l'aurez lu, et dont vous me donnerez, s'il vous plaist, votre jugement dont je fais très grand estat. » Voir R 1908, pp. 149 et suiv.

(2) Cette lettre de Hobbes est du *17 février 1648*. Il a reçu le livre le *Plein du Vide* ; il l'a lu attentivement ; il en fait la critique. Pascal reçoit le *Plein du Vide* pendant qu'il écrit sa lettre à Le Pailleur : cette lettre est donc contemporaine de celle de Hobbes.

(3) R 1908, pp. 149 et suiv.

» 12° Le texte de Pecquet au P. Mersenne, du 5 mai 1648 (1) ne permet pas de reculer jusqu'après juin 1648 la publication du *Plenum novis experimentis confirmatum* qui donne satisfaction aux Pascal par la suppression de la Préface incriminée B. 787 et E. 371. La lettre d'Étienne Pascal au P. Noël est au plus tard d'Avril 1648. »

» 13° La *Seconde Narration* de Roberval (2) ne permet pas de reculer jusqu'en juin 1648 la conversion de Roberval à la thèse de la pression atmosphérique, B. 783 et D. 211... La *Seconde Narration* de Roberval montre cette expérience (de la vessie de Carpe) contemporaine de la seconde forme de l'expérience du vide dans le vide (3) » ; suivant Pierins, « les deux thèses de l'influence de la pression de l'air extérieur sur la hauteur de la colonne d'air et de la raréfaction de l'air dans la partie supérieure du tube ont été soutenues simultanément par Roberval dans ses conférences publiques du printemps 1648 (4).

» 14° Le *Liber novus praelusorius* (5) et la lettre de Mersenne à Hevelius du 27 juillet 1648 (6) interdisent de penser qu'il y a eu dans la première quinzaine de juin 1648 une révolution dans l'esprit du P. Mersenne, et qui aurait, par surcroît, bouleversé les idées de Roberval et de Pascal, B. 782 et D. 209. Tout au plus la présence de Descartes a-t-elle achevé de convaincre ses dernières résistances à l'action du cylindre d'air que Descartes, comme Baliani et le P. Noël, avait soutenue dès l'automne 1647, que Pascal et Roberval admettaient depuis déjà plusieurs mois. Mais les difficultés qui causaient les « angoisses » du P. Mersenne au 1er juin 1648 portent sur l'intelligibilité de la raréfaction de l'air ; elles se retrouvent telles quelles dans ce premier chapitre

(1) « Le P. Noël a ajousté encore une feuille à son Livre Latin où il traite des elemens et de leurs mouvements *ad locum et ad figuram*. Ce sont ses termes que je vous expliqueray un de ces jours parce que la pensée en est fort cachée. » Voir R 1908, pp. 148 et suiv.

(2) Nous avons dit que Roberval en commença la rédaction le 15 mai 1648; il l'acheva — moins l'appendice — probablement en juin.

(3) Roberval décrit l'expérience de la vessie de Carpe après celle du vide dans le vide, et l'y rattache. Le 5 mai, Pecquet écrit à Mersenne : « Monsieur de Roberval fait icy des merveilles, et réussit fort bien hier à l'opération de la vessie de Carpe ; il a grand nombre d'auditeurs. »

(4) Nous avons cité ce texte plus haut, n. 6°.

(5) Voir le n° 6.

(6) « Vidimus plurimos Libellos in Poloniâ scriptos de Vacuo per tubum vitreum, sed nullus tot facit, ac Nos experimenta, quae fere semper nova nunc etiam multiplicamus tandemque concludimus esse rarefactum aërem, non vacuum. »

du *Liber novus praelusorius* où Mersenne décrit les expériences qu'il a faites après Pascal et Roberval. »

C'est, en effet, *avant la première quinzaine de juin* que la question de la cause de la suspension du mercure a été définitivement résolue. Ne peut-on en fixer ainsi la date approximative et les circonstances ? Dès le *printemps de 1648*, le triomphe de la « colonne d'air » est complet. Ce sont les recherches de Roberval sur l'élasticité de l'air et son expérience du vide dans le vide à laquelle ces recherches l'ont conduit, qui ont fourni la preuve expérimentale décisive et définitive de l'hypothèse de Torricelli, rattachée à ses vrais principes. Cette preuve expérimentale Pascal l'attendait de l'expédition du Puy-de-Dôme, organisée par lui en novembre 1647, mais que Perier ne réalisa qu'en septembre 1648, alors qu'elle avait perdu son intérêt principal pour Roberval et pour tous ceux qui connaissaient les recherches dont la *seconde Narration* nous donne l'exposé.

« 15° La publication du *Récit* dans les derniers mois de 1648 n'a pas été le moins du monde clandestine (1). »

« 16° La lettre de Carcavi, la lettre de M. de Ribeyre, l'écrit du P. Magni, me paraissent ne pas permettre de contester la *divulgation éclatante* du Récit » — c'est nous qui soulignons — « au sujet de laquelle le seul témoignage du P. Maignan pouvait à la rigueur, à l'aide de plusieurs hypothèses bien hasardées, sembler insuffisant, C. 194. »

Voici les témoignages qu'invoque M. Brunschvicg :

Le 19 juin 1649, Descartes, qui ne connaît pas le *Récit*, écrit à Carcavi : « Je me promets que vous n'aurez pas désagréable que je vous prie m'apprendre le succès d'une expérience qu'on m'a dit que M. Pascal avoit faite ou fait faire sur les montagnes d'Auvergnes.... C'est moi qui l'ai avisé, il y a deux ans de faire cette expérience... » — Carcavi répond le 9 juillet que l'expé-

(1) Voir R 1908, p. 191.

rience du Puy-de-Dôme est « imprimée il y a desja quelques mois » et il en rend compte.

De Ribeyre a interrogé le Maître de l'écolier qui, au collège des Jésuites de Montferrand, a défendu les thèses où Pascal s'est vu attaqué. Ce Père m'a dit, écrit de Ribeyre à Pascal, que loin de vous être hostile, « lorsqu'il avait donné des écrits à des Ecoliers sur cette matière, il avait parlé de vous fort honorablement en ces termes, comme il me fit voir sur-le-champ : quam rem multum auxit et illustravit cum suis amicis dominus Pascalius claramontensis, ut patet ex *libellis* hanc in rem ab eo editis. » — Au mot *libellis* M. Brunschvicg joint cette note : « L'*abrégé* de 1647 et le *Récit* de 1648. »

Dans un écrit intitulé *Vacuum pleno suppletum*, dont la date est donnée par l'auteur le P. Magni : « Scribebam Viennae die 14 August. 1659 », on lit : « Hinc D. de Paschal vir inter Gallos praecipuae nobilitatis, post deprehensam staturam Mercurii altiorem in Valle, quam in vertice montis, aut turris, edidit anno 1648 tractatum *de Magno experimento aequipondii liquorum*, in quo asserit staturam Mercurii non erigi in tubo a Natura formidante vacuum, sed ab aequilibrante cylindrum Mercurii cum cylindro aëris. »

Ce témoignage de Magni est précieux, et c'est une très heureuse trouvaille de M. Brunschvicg. On remarquera que Magni traduit le titre même de la brochure de Pascal : *Récit de la grande expérience de l'Équilibre des liqueurs*.

Le témoignage de Carcavi peut ne point paraître plus sûr que celui de Maignan (1). Carcavi ne cite pas le *Récit* ; il ne l'envoie pas à Descartes. Il a certainement sous les yeux une *relation imprimée de l'expérience du Puy-de-Dôme*, vraisemblablement celle de Perier, celle-là même peut-être qui fait partie du *Récit*. Mais cette relation n'a-t-elle pas circulé seule ? Pascal lui-même le donne à entendre dans sa lettre à de Ribeyre, quand il écrit :

« Je méditay dès-lors une Expérience que vous scavez avoir esté faite en 1648, par Monsieur Perier au haut et au bas du Puy

(1) R 1908, 220-221.

de Domme, dont on a aussi envoyé des *exemplaires* de toutes parts où elle a esté receuë avec joye, comme elle avoit esté attenduë avec impatience. »

Le mot « *exemplaires* » est ambigu. S'agit-il du *Récit* tout entier, tel que nous le connaissons ? Quand, dans cette même lettre, Pascal parle de l'*Abrégé*, il ajoute : que « je fis imprimer en l'année 1647 » ; il est ici beaucoup moins explicite : il ne cite pas le *Récit*, il ne dit même pas qu'il a publié sur ce sujet un livre ou une brochure ; il affirme seulement que des « exemplaires » de l'expérience du Puy-de-Dôme ont été largement répandus et accueillis avec joie. Ne faut-il pas entendre des « exemplaires » de la *relation* de Perier ?

A l'appui de cette conjecture, on peut citer aussi ce passage de la *Préface* des *Traités* posthumes dont Perier fut l'éditeur : Parlant de l'*expérience du vide dans le vide*, Perier renvoie au *Récit* « qui fut imprimé en 1648 ». Quelques lignes plus bas, parlant de l'expérience du Puy-de-Dôme, il ajoute : « dont il (Pascal) fit imprimer la Relation qu'il envoya aussi de toutes parts » t. III, 277.

« L'éclat de cette publication (le *Récit*), poursuit M. Brunschvicg, est encore attesté par le nombre considérable des exemplaires qui en subsistent dans le pays d'origine : sur cinq bibliothèques publiques de France, où il a été recherché, quatre la possèdent (1)... » ; et il ajoute en note : « La comparaison des divers exemplaires a donné lieu à la constatation de quelques différences typographiques. Ainsi les deux dernières lignes de la page 4 ont été transportées à la page 5, et l'imprimeur avait d'abord oublié de changer en même temps le mot de réclame ; l'erreur subsiste sur l'exemplaire de la *Bibliothèque Nationale ;* elle est corrigée dans celui de la *Bibliothèque Sainte-Geneviève.* Comme cette inadvertance coïncide avec la mention de l'expérience du vide dans le vide, elle « suggère » au P. Thirion — on ne sait point par quel intermédiaire, puisque ce minuscule incident n'a pu se produire dans l'atelier de Savreux qu'en

(1) R 1908, pp. 186 et suiv.

octobre 1648 — « l'idée d'un remaniement ou d'une interpolation » (*art. cit.*, p. 111 du tirage à part), et devient « le principal appui » (*ibid.*, p. 169) d'une hypothèse dont le P. Thirion dégage nettement la portée dans ce passage : « La construction à trois étages imaginée par M. Mathieu s'écroule donc. De ces ruines, il faut en élever une nouvelle, mais il semble qu'un même *esprit* doive en inspirer le plan » (*ibid.*, p. 166).

L'imprimeur Savreux, après une première mise en pages, a remanié la composition typographique. C'est un fait matériel attesté par les exemplaires qui nous restent du *Récit*, sortes d'épreuves successives plutôt que de bonnes feuilles d'un ou de deux tirages livrés au grand public. Sans aucun « intermédiaire », ce fait matériel « suggère l'idée » que l'auteur a rendu ce remaniement typographique nécessaire en remaniant lui-même son texte primitif. Quelle importance avons-nous donnée à cet incident ? Voici le passage de notre brochure auquel renvoie M. Brunschvicg :

« Quant à l'hypothèse du remaniement et de l'interpolation du texte primitivement imprimé de la lettre à Perier, *elle trouve un appui* dans l'irrégularité de l'impression du *Récit* et dans la réclame incorrecte qui unit les feuilles A et B, et tombe au milieu de la description même de l'expérience du vide dans le vide. »

On remarquera que l'adjectif « principal » n'est pas de nous : c'est un prêt que nous fait M. Brunschvicg, il nous permettra de ne pas l'accepter. Les *raisons* qui à nos yeux justifiaient l'hypothèse d'un remaniement ou d'une interpolation — hypothèse formulée avant nous par M. Louis Havet — sont exposées au cours de notre brochure. Les irrégularités typographiques — il y en a d'autres que la réclame incorrecte — nous ont paru apporter à cette hypothèse un « appui » matériel que nous n'avons pas cru négligeable. Est-il bien sûr qu'elles soient insignifiantes ?

Pour M. Brunschvicg, l'hypothèse de M. Mathieu a

perdu « non seulement toute consistance intrinsèque, mais toute base objective ». Il n'est personne qui ne désire pouvoir partager cette opinion. En rectifiant sur certains points la chronologie adoptée par M. Mathieu et en nous basant sur le témoignage du P. Noël, nous avons cherché à montrer, dans nos précédents articles, que l'hypothèse de M. Mathieu, *quant à la lettre :* l'accusation de vol au préjudice d'Auzoult, n'était pas recevable ; elle serait vraie cependant, *quant à l'esprit*, s'il résultait d'une étude impartiale que Pascal a cherché, par des moyens équivoques, à grossir la part qui lui revient dans la découverte et la preuve de la *pression atmosphérique* et de l'*élasticité* propre de l'air, et à amoindrir celle d'autrui. Les nouveaux documents que nous apportent les *Œuvres de Blaise Pascal* et, en particulier, la seconde Narration de Roberval, permettent-ils d'affirmer que cela même est faux ?

Revenons à la publication du *Récit*.

L'état typographique des exemplaires connus de cette brochure, et les témoignages recueillis jusqu'ici sur la publicité qu'elle a reçue (1), permettent-ils de parler de sa « divulgation éclatante » ? Peut-on comparer cette divulgation à celle de l'*Abrégé*, ou même de l'*Essay pour les coniques ?* Le témoignage de Magni, le seul explicite, suffit-il pour affirmer que le *Récit*, tel que nous le connaissons, est entré dans le domaine public (2) ? Sa publication ne se réduit-elle pas plutôt à l'envoi et à la conservation de quelques exemplaires, sortes d'*épreuves* successives corrigées à la main, chargées de papillons, témoins d'une impression com-

(1) Voir R 1908, p. 186-204.

(2) Les éditeurs des *Œuvres de Blaise Pascal* citent Mersenne, Descartes, Oldenburg, Huret, Bosse, Leibniz, Desargues,... parmi les lecteurs de l'*Essay pour les coniques ;* ils concluent cependant, avec raison croyons-nous, que ce « petit placard », imprimé en 1640, « n'est jamais entré dans le domaine public ». T. 1, p. 245.

mencée, définitivement abandonnée peut-être et remplacée par la divulgation de la seule *relation* de Perier ?

« 17° La *Gravitas comparata* du P. Noël, où se trouvent publiées les deux formes successives que Pascal et Roberval ont données à l'expérience du vide dans le vide,... Le *Liber novus praelusorius* de Mersenne, où se trouve l'expérience de Pascal, me paraissent ne pas permettre de considérer Pecquet comme nécessairement bien informé de tout ce qui a paru en 1648 sur les expériences du vide. »

Le *Liber novus praelusorius* de Mersenne compte quatre pages ; ont-elles été publiées à part et sous un titre qui annonce le contenu ? On les trouve intercalées dans les *Harmonicorum libri XII, in quibus agitur de sonorum natura causis et effectibus : de consonantiis, dissonantiis, rationibus, generibus, modis, cantibus, compositione, orbisque totius Harmonicis instrumentis, authore F. M. Mersenno Minimo.* Editio aucta. 1648.

Pecquet, cherchant à se documenter « sur les expériences du vide », donne-t-il vraiment la preuve d'un manque d'érudition en ne parcourant pas ce traité des sons ? M. Brunschvicg ajoute en note :

« Le P. Thirion écrit : « Pecquet ne connaît donc ni la *Gravitas comparata* ni le *Récit*. Que la brochure du P. Noël ait pu lui échapper, on ne doit pas s'en étonner ; mais le *Récit !* » Ici encore les intermédiaires manquent pour suivre la pensée du P. Thirion. Pour notre part, nous désespérons de savoir jamais pourquoi une « brochure » de 94 pages parue chez Cramoisy passerait inaperçue, plutôt qu'une « brochure » de 20 publiée chez Savreux ; ajoutons que cette première brochure est d'un auteur si important aux yeux de Pecquet qu'il prend soin d'analyser le feuillet supplémentaire du *Plenum novis experimentis confirmatum.* »

M. Brunschvicg eût compris certainement s'il eût pris la peine de lire les lignes qui suivent immédiatement celles qu'il cite, et où il eût trouvé les « intermédiaires » qu'il réclame : les voici :

« Remarquons que Pecquet est si peu hostile à Pascal, qu'il le comble d'éloges. S'il ne cite pas le *Récit*, c'est qu'il l'ignore. S'il affirme que rien, à sa connaissance, n'a été publié sur l'expérience du Puy-de-Dôme, c'est qu'il a cherché et n'a rien trouvé. Or, si le *Récit* avait été *publié* à la fin de l'année 1648, le *nom de l'auteur et l'intérêt des documents qu'il contient eussent fait de sa publication un évènement scientifique ; Pascal lui-même nous dira qu'il en fut ainsi !* Comment Pecquet qui est à Paris très répandu dans le monde savant, qui écrit, quatorze mois plus tard, sur le vide et la pression atmosphérique et qui a cherché à se documenter, comment n'en a-t-il rien pu apprendre (1) ? »

Nous avouons que l'idée ne nous est pas venue de mesurer les lacunes de l'érudition de Pecquet en balançant les noms de Savreux et de Cramoisy, et en comptant les pages des deux brochures : et c'est maintenant seulement que l'idée nous vient de comparer leurs titres :

« *Récit de la grande expérience de l'équilibre des liqueurs, projetée par le sieur B. P. pour l'accomplissement du Traité qu'il a promis dans son* ABRÉGÉ *touchant le vide, et faite par le sieur F. P., en une des plus hautes montagnes d'Auvergne.* » — Ni ce titre, ni la « divulgation éclatante » du *Récit*, ni « l'éclat de cette publication » n'auraient suffi à avertir Pecquet, l'ami de Pascal, de Roberval, de Mersenne, d'Auzoult, du P. Noël : il aurait passé devant cet événement comme il a passé devant la *Gravitas comparata seu comparatio gravitatis aeris cum Hydrargyri gravitate* du P. Noël, et l'inadvertance, dans les deux cas, aurait le même poids.

« 18° Le texte même de Pecquet (2) ne permet pas de conclure que l'expérience attribuée à Auzoult soit la forme originale de l'expérience du vide dans le vide, B 782 et D 203. Elle est distincte des deux formes qui ont été inventées par Pascal et par

(1) R 1908, p. 205.
(2) R 1908, pp. 207 et suiv.

Roberval, et qui ont été publiées en 1648. Tant qu'on n'aura pas d'autre point de repère que la date de publication, il faudra considérer l'expérience d'Auzoult comme une troisième variante de l'expérience.

» 19° Les lettres d'Auzoult (1) et de Montlaines (2) à Mersenne, comme la lettre de Carcavi à Huygens, du 7 février 1659 (3) et la copie d'une note transmise de la part de Pascal (4), ne permettent pas de présumer qu'il y ait eu la moindre revendication d'Auzoult relativement à l'expérience du vide dans le vide, ou la moindre trace de refroidissement entre les deux amis, C 198 et F 871.

» 20° Les textes de la dissertation de Pierius et de la publication de Dominicy (5) ne permettent pas d'accuser Pascal d'avoir menti volontairement en écrivant à M. de Ribeyre (6) en juillet 1651, C 203 et F 836. L'indication des dates est inexacte ; la référence à la lettre de Roberval est inexacte. Mais sur le fond des choses la mémoire de Pascal ne l'a pas trahi ; les expériences de Rouen ont été publiées plusieurs mois avant l'expérience de Varsovie (7), et dès l'arrivée de la *Demonstratio ocularis* à Paris, le P. Magni a été accusé, dans un écrit imprimé (8), d'avoir fait son expérience sur un rapport venu de France.

» 21° La réimpression de la *Demonstratio ocularis* dans l'écrit de Dominicy ne permet pas de prétendre que Pascal en impose à M. de Ribeyre ou aux Jésuites de Montferrand, lorsqu'il les

(1) « Mon Père, obligez moi de... me mander quelles nouvelles M. Roberval a eu du voleur de Pologne » (Val. Magni). (Lettre du 21 août 1648).

(2) « Je vous rends grâces de vos nouvelles. M. Auzoult ne m'ayant quasi faist part de pas une de vos expériences, je vous supplie de me mander celle que vous dites du vuide dans le vuide pour prouver la colonne d'air » (Lettre du 17 juillet 1648).

(3) *Œuvres de Christ. Huygens*. t. II, 1889, p. 347.

(4) *Ibid.*, p. 349.

(5) Pierius date les expériences publiques de Rouen du *mois d'octobre 1646*. — Pascal, en parlant de la lettre de Roberval à des Noyers, aurait eu dans la pensée la publication, par Dominicy, de la lettre de Petit.

(6) R 1908, pp. 212 et suiv.

(7) M. Brunschvicg écrit, en note (t. II, 490) : « La chronologie de Pascal (dans la lettre à de Ribeyre) est tout à fait inexacte. L'expérience du P. Magni est de 1647, et de trois mois antérieure à l'imprimé de Pascal *(Expériences nouvelles)*. La seule publication sur les expériences de Pascal que le P. Magni aurait pu, sans invraisemblance, être soupçonné d'avoir connue, est la dissertation latine de Jacob Pierius : *An detur vacuum in Natura*. »

(8) Celui de Dominicy.

invite à confronter l'*Abrégé de ses expériences* avec la brochure du P. Magni, C 205. »

Voici le texte de Pascal auquel il est fait allusion : « Si ce bon Père Jésuite a cognoissance de mon escript et de celuy du P. Capucin (ce que je ne crois pas), qu'il prenne la peine de les confronter, il verra la vérité de ce que je dis. » La confrontation eût montré le contraire.

Dans une note, au sujet des erreurs de la lettre à de Ribeyre, M. Brunschvicg ajoute cette réflexion : « on serait bien empêché de déterminer l'intention de ces erreurs ».

Nous croyons avoir fidèlement présenté les rectifications principales groupées par M. Brunschvicg dans l'introduction des *Œuvres de Blaise Pascal*. Toutes ne sont pas également importantes ni, peut-être, également justifiées. Une difficulté, entre autres, subsiste entière et elle est la plus importante.

Pour pouvoir inventer, réaliser et interpréter, comme il le fait, la *seconde partie* de l'expérience du vide dans le vide montrée à Perier, Pascal a dû connaître, dès le mois d'octobre 1647, « ce que nous appelons la *loi de Mariotte*, non pas, sans doute, en son énoncé *quantitatif*, mais sous cette forme qualitative : la *pression* d'une masse de gaz donnée, à température constante, croît ou décroît quand son volume diminue ou augmente (1). » En d'autres termes, il n'a pas suffi à Pascal de connaître la *pesanteur* de l'air ni d'embrasser, d'un même coup d'œil, l'*équilibre des liqueurs*, c'est-à-dire l'équilibre des fluides, gaz ou liquides, *pesants* ; il a dû connaître cette propriété spéciale et caractéristique des gaz : leur *expansion spontanée* ; il a dû connaître la *pression d'expansion* qu'exerce

(1) R 1908, p. 181.

une masse d'air confinée en un *vase clos* : il a dû savoir que cette pression variait avec le volume de ce vase.

Or les documents connus jusqu'ici nous montrent l'origine de ces notions et leur application aux phénomènes barométriques observés en un *vase clos* de volume variable, renfermant une petite quantité d'air de *poids* négligeable, dans des expériences postérieures au mois d'octobre 1647, celles que Roberval expose dans sa seconde Narration et qu'il s'attribue. Comment cette doctrine et ces expériences ont-elles passé dans la lettre à Perier ? Voilà l'objet essentiel de la controverse.

Peut-on l'écarter par une simple fin de non-recevoir, en se bornant à dire que « Roberval retrouve ainsi les résultats que Pascal avait montrés à Perier vers la fin d'octobre ou le commencement de novembre 1647 » (t. II, p. 291) ? Roberval n'a-t-il pas *trouvé* le premier, et après cette date, la seconde partie au moins de cette expérience et les *notions nécessaires* qu'elle suppose ? Sur quoi se base-t-on pour affirmer qu'il « retrouve » tout cela ? Tant que cette difficulté subsiste, la thèse de M. Mathieu est-elle définitivement et complètement écartée ? Ne peut-elle surgir à nouveau transformée et appuyée sur ce document de très grande valeur, la seconde Narration de Roberval ? Au moins, ne reste-t-il rien de « l'esprit » de cette thèse et peut-on affirmer, dès maintenant, qu'elle a perdu « non seulement toute consistance intrinsèque, mais toute base objective » ?

Il nous resterait à réunir d'autres renseignements intéressants, disséminés dans les trois premiers volumes des *Œuvres* de Pascal. Nous espérons pouvoir le faire dans un prochain article ; nos lecteurs auront alors sous les yeux les textes mêmes ou l'analyse des documents essentiels. Si c'est un devoir pour nous de

les leur présenter, c'est leur droit de les étudier, de contrôler l'interprétation qu'on en donne, de peser les preuves qu'on en tire. Ce n'est pas une invitation à ne pas user de ce droit que M. L. Brunschvicg a formulée dans cette conclusion : La lettre de Pascal à Perier « doit être publiée, à sa date et dans son texte, sans que l'éditeur le plus scrupuleux puisse conserver le moindre soupçon : ce serait un signe bien fâcheux si, pour quelque raison que ce soit, on n'allait pas accueillir avec bonne grâce un pareil dénoûment. »

Ces paroles sincères traduisent la conviction absolue du savant éditeur de Pascal, d'avoir projeté la pleine lumière sur cette question débattue, et cela, au prix d'un immense labeur dont tous ceux qui s'intéressent à l'histoire des sciences lui sont infiniment reconnaissants.

10 décembre 1908. J. Thirion, S. J.

A PROPOS DE CAOUTCHOUCS

Peu de produits végétaux ont autant fait parler d'eux, dans ces dernières années, que le caoutchouc. Ce produit a acquis une valeur considérable pour le commerce et pour l'industrie, et son importance est loin d'être arrivée à son apogée. Récemment encore le professeur O. Warburg, de Berlin, en faisant ressortir l'action de l'établissement des voies ferrées sur le développement agricole des colonies, insistait sur la valeur acquise par les plantations de caoutchoutiers. Il établissait, à cette occasion, par des calculs basés principalement sur la quantité de caoutchouc nécessitée par l'industrie des automobiles, que l'on pouvait s'attendre à en voir augmenter considérablement la consommation mondiale qui atteindra facilement une valeur annuelle de 75 millions de francs. Pour obtenir un rendement de cette importance, il faudra planter annuellement en caoutchoutiers de grandes surfaces de terrain. L'Allemagne, à elle seule, a déjà consacré environ 56 millions de francs à l'établissement de telles plantations.

Peut-on se baser principalement, pour conseiller la culture de ces essences, sur la consommation de caoutchouc faite par les fabricants de pneus et accessoires pour voitures automobiles, et ne doit-on pas craindre, comme cela a été suggéré, le remplacement du caout-

(1) Résumé d'une conférence faite à la Société scientifique de Bruxelles, le 29 octobre 1908.

choue par l'acier et voir dès lors la consommation de la gomme diminuer notablement ?

Même si cette éventualité devait se réaliser, ce qui nous paraît douteux, le caoutchouc trouverait son emploi dans tant d'autres industries, fût-ce dans la confection de briques et de pavés, que sa consommation mondiale peut être considérée, pour longtemps encore, comme de beaucoup supérieure à la production. Si jusqu'à ce jour la production naturelle a plus ou moins pu suffire, c'est que le caoutchouc régénéré, les succédanés, et des pays non exploités ont permis d'augmenter la quantité de caoutchouc jetée annuellement sur le marché. Malheureusement la production naturelle a atteint son maximum : on ne peut pas espérer la voir augmenter, on doit au contraire s'attendre à la voir diminuer par suite, en particulier, de la suppression, dans beaucoup de régions tropicales, des plantes productrices. Il faut donc *planter*, comme les Anglais l'ont fait à Ceylan, et il faut surtout, comme nous l'avons si souvent fait remarquer, remplacer la récolte par saignée par des méthodes physico-chimiques ou mécaniques qui seules seront capables d'opérer l'extraction totale du caoutchouc renfermé dans les tissus.

Mais si, dans toutes les régions capables de produire du caoutchouc, on suit le conseil de planter des essences caoutchoutifères, ne doit-on pas craindre, dans un avenir plus ou moins éloigné, malgré une augmentation de consommation, une surproduction, d'où baisse de prix et, par suite, non-rémunération des capitaux engagés dans les plantations ?

Cette éventualité non plus ne paraît pas devoir être envisagée, la baisse de prix ne sera jamais plus importante que celle subie par ce produit dans ces derniers temps ; en outre, comme nous le disions, dès que le prix de la livre ou du kilo sera descendu de quelques

francs, toute une série d'industries pour lesquelles le caoutchouc est actuelllement d'un prix trop élevé, se mettront à le consommer par fortes quantités et ces nouveaux débouchés maintiendront la valeur du produit dans une moyenne indiscutablement très rentable pour le planteur.

Fig. 1. — Saignée en arête de poisson d'un jeune Ireh ou *Funtumia elastica* a Bassankusu.

A côté de la question de « surproduction du caoutchouc » d'origine végétale, il y a encore à tenir compte de la production possible d'un caoutchouc synthétique. Cette question a été fréquemment agitée, mais elle paraît loin d'être résolue, surtout d'une manière pra-

tique. Il ne faut pas confondre le caoutchouc synthétique avec des produits constitués par des mélanges dans lesquels entre du caoutchouc brut ou du caoutchouc régénéré, et que souvent, dans ces dernières années, on a introduits sur le marché. De ce côté donc rien n'est encore à craindre.

Quant aux succédanés du caoutchouc, très nombreux et très usagés dans la fabrication de certains articles, ils ne changeront guère l'allure du commerce général du caoutchouc brut, car dans les usines où ils sont employés on n'usagerait nullement du caoutchouc brut ; ces groupes d'industries peuvent vivre côte à côte sans se faire de tort.

Il est donc permis, sans aucune arrière-pensée, d'engager encore les colons et les sociétés dans la mise en valeur de terrains tropicaux, par les caoutchoutiers ; mais il faut, dans ces entreprises coloniales, avant de se lancer, s'entourer de renseignements et faire des essais préliminaires.

Si l'on veut, en effet, faire des essais sérieux, si l'on désire voir une plantation progresser, il faut la baser sur une connaissance approfondie de ce que l'on veut cultiver, car, M. Mac Gillavry l'a dit très justement : « L'agriculture sans la science est un aveugle sans guide. »

Nous ne pouvons entrer ici dans le détail de l'historique de ce produit, qui semble avoir été mentionné pour la première fois dans un ouvrage sur les Indes, publié en 1536 par Gonzalo Fernandes d'Oviedo. Au début du XVIIe siècle, on voit apparaître le nom d'un arbre dont est tiré le caoutchouc, et ce nom vernaculaire *Ule* est encore employé de nos jours dans l'Amérique centrale, pour désigner une des essences les plus productrices.

En 1764, le botaniste français Fuset-Aublet décrivit

l'*Hevea guianensis*, qui, pendant longtemps fut considéré comme la plus importante des espèces végétales capables de fournir du caoutchouc. Ultérieurement il fut démontré que, si cette espèce n'est pas sans

Fig. 2. — Un pied d'*Hevea brasiliensis* cultivé a Wangata (Congo belge).

valeur, il en est d'autres, du même genre, beaucoup plus importantes pour la culture, en premier lieu l'*Hevea brasiliensis*.

Pendant de longues années, le caoutchouc brut fut sans emploi industriel en Europe : il fallut les travaux de nombreux chimistes européens et américains pour

en faire saisir les propriétés utiles. C'est depuis le commencement du XIXe siècle que ces recherches ont démontré la valeur du produit et que l'industrie du caoutchouc a été vraiment fondée, en Angleterre et en France où se trouvent encore actuellement des firmes qui furent des initiatrices de ces industries.

Jusque vers 1860 l'Amérique du Sud, l'Inde et Java furent les seuls producteurs de caoutchouc du monde. Quant à l'Afrique, ce fut seulement plus tard qu'elle exporta du caoutchouc; mais arrivée tardivement sur le marché mondial elle s'y est présentée si forte, qu'elle y a dépassé comme production, l'Inde et Java.

Dans ces dernières années, on a vu la plupart des régions tropicales entrer dans le mouvement commercial créé par l'exploitation du caoutchouc; mais à la tête de ce mouvement sont restés, et se trouvent probablement pour assez longtemps encore, le Brésil et l'Afrique tropicale.

Le caoutchouc, appelé aussi « gomme élastique », et souvent même simplement « gomme », est dénommé « india rubber » par les Anglais, « gummi » par les Allemands, « Seringa » par les Espagnols et « Xiringa » par les Portugais; il doit être considéré comme un mélange de carbures d'hydrogène, qui, sous l'action de l'oxygène de l'air, se changent en produits plus ou moins résineux formant le caoutchouc brut du commerce.

La gomme élastique a une constitution différente suivant le genre de plante qui l'a produite; mais il est difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, d'établir, par voie chimique ou par voie physique, l'origine certaine des gommes qui arrivent sur le marché.

Le caoutchouc brut du commerce se présente sous l'aspect d'un corps mou, extensible, élastique; à son arrivée chez nous, il est généralement plus ou moins

chargé d'humidité et de matières étrangères qui peuvent lui communiquer une odeur assez forte, parfois même fétide. Pur, il est blanc ou légèrement jaunâtre, et translucide en lames minces ; mais un tel caoutchouc est encore relativement rare sur nos marchés.

Le caoutchouc est mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité ; il est imperméable à l'eau, se ramollit légèrement dans l'eau bouillante sans s'y dissoudre ; il n'est pas soluble dans l'alcool, mais forme avec certains liquides tels que l'éther, le sulfure de carbone, le chloroforme, l'alcool absolu ou leurs mélanges, des solutions ou des pseudo-solutions plus ou moins claires.

L'action de ces réactifs varie d'ailleurs notablement suivant les conditions physiques dans lesquelles se trouvent les produits mis en expérience. L'air et la lumière transforment petit à petit le caoutchouc brut, et même le caoutchouc vulcanisé, qui, primitivement secs et nerveux, deviennent au bout d'un certain temps visqueux et gluants.

Une des caractéristiques des caoutchoucs est de renfermer une certaine proportion de résines qui peut aller de 1 % dans les qualités supérieures de Para, à 35 % dans les qualités inférieures d'Afrique. Cette proportion de résines, qui entre pour beaucoup dans l'estimation des caoutchoucs, varie non seulement suivant l'origine, c'est-à-dire suivant les plantes qui les ont fournis, mais encore avec les conditions de végétation des plantes et leur âge : les plantes jeunes renferment toujours plus de résines dans leurs produits que les plantes adultes.

Cette observation a une importance capitale pour le planteur : elle démontre que pour ces essences il faut savoir attendre, il ne s'agit pas de recueillir un produit quelconque, mais de chercher à obtenir un produit de valeur.

Les tissus du végétal qui fournissent la matière première dont est extrait le caoutchouc, se trouvent principalement dans les écorces. Cette matière première, liquide laiteux, est localisée dans un système de vaisseaux laticifères anastomosés, et dans ce latex le caoutchouc se trouve en suspension. Le latex des plantes à caoutchouc est généralement blanc au moment où il s'écoule de la blessure faite à la plante ; certains latex sont rosés, d'autres brunâtres ou même noirs, mais ce sont là des exceptions. Le latex plus ou moins liquide, suivant la saison, le moment de la récolte et l'origine, possède, en général, une odeur agréable et légèrement aromatique ; son goût est plus ou moins douceâtre ; sa réaction, quand il est pur et frais, est légèrement alcaline. Il consiste en de nombreux globules en suspension dans un liquide incolore. Ces globules de dimensions variables, comparables à celles de certaines bactéries, n'atteignent guère plus de 3 millièmes de millimètre ; ils passent librement par les filtres ordinaires, mais ils peuvent être séparés au moyen des filtres Chamberlan. Ils se composent de caoutchouc mélangé à un pourcentage faible, mais variable, d'huiles et de résines de nature encore mal déterminée.

Chez le *Castilloa elastica*, les globules de caoutchouc sont sphériques et différents de grandeur ; le latex du tronc contient les plus grands, ce qui explique sa plus facile séparation par écrémage. Chez l'*Hevea brasiliensis*, les globules sont ovales, un peu pointus à une des extrémités ; chez le *Ficus elastica* et le *Funtumia elastica* ou caoutchoutier de Lagos, ils sont globuleux; tandis que chez le *Manihot Glaziovii* ou caoutchoutier de Ceara, ils sont allongés, rappelant plus ou moins par leur forme des baguettes de tambour.

Le liquide, qui tient ces globules en suspension, est de l'eau contenant en solution un peu de matières

gommeuses, du sucre, des sels minéraux et des substances protéiques ou azotées. Ce latex prend au bout de peu de temps, s'il est abandonné à lui-même, une odeur particulière due à la fermentation des matières azotées qu'il renferme.

Pour séparer le caoutchouc du sérum, il faut pro-

Fig. 3. — Plantation de *Manihot Glaziovii* au Jardin botanique d'Eala (Congo belge).

voquer la coagulation des globules en suspension dans le liquide ; cette coagulation peut se faire spontanément par évaporation du sérum, par l'action de la chaleur, par celle de composés chimiques tels que des acides minéraux, des sels, des alcools, des acides organiques, etc., et par des procédés mécaniques. Le caoutchouc peut également être obtenu en traitant directement les tissus qui le contiennent. Mais ces procédés de sépara-

tion du caoutchouc des tissus laticifères ne réussissent pas avec toutes les essences, comme d'ailleurs les procédés chimiques et physiques ne peuvent être employés indifféremment avec tous les latex.

Les différents procédés d'obtention de caoutchouc peuvent donc se classer en deux grandes catégories : dans la première il faut partir du latex qui sera enlevé au préalable à la plante qui le produit ; dans la seconde on agit directement sur les tissus qui renferment ce latex.

Dans cette première subdivision, il faut d'abord envisager l'obtention du caoutchouc par évaporation à l'air ou l'absorption du liquide par un autre corps. Ce procédé est encore appliqué de nos jours dans différentes régions du Ceara, de l'Écuador, de l'Afrique centrale, de la Malaisie et de Madagascar. Lorsqu'on laisse sécher le latex sur les écorces ou sur la terre, on suit ce procédé.

On peut également obtenir la coagulation en faisant agir sur le latex la chaleur, soit la chaleur naturelle du corps comme on le pratique parfois dans certaines régions du Congo, de l'Angola, de la Zambésie du Nord, de l'Afrique orientale allemande, soit la chaleur artificielle. Dans l'emploi de la chaleur artificielle, il faut considérer la chaleur sèche ou enfumage, procédé employé sur une grande échelle en Amazonie, dans le Ceara, au Pérou et introduit récemment en Nouvelle-Calédonie. L'ébullition du latex, ou sa précipitation dans de l'eau portée à 100°, est une autre forme de coagulation par la chaleur que nous voyons employer au Mexique, au Lagos, au Congo et en Afrique orientale allemande.

Au lieu de projeter le latex dans de l'eau bouillante, on peut aussi obtenir la séparation des globules de caoutchouc en faisant passer un courant de vapeur d'eau dans ce latex ; mais ce procédé, qui pourrait avoir de très grands avantages, n'est guère sorti du domaine

théorique. Enfin, il est encore possible de séparer le caoutchouc en faisant évaporer à chaud le latex qui le contient.

Le troisième sous-groupe des modes de coagulation

Fig. 4. — Le caoutchouc obtenu par la cuisson est étendu en plaques avant d'être mis à sécher (Environs de Lusambo).

peut se définir par le terme « écrémage ». Pour arriver à séparer de cette façon le caoutchouc, on ajoute au latex soit de l'eau froide, soit de l'eau chaude, on agite ou on laisse fermenter jusqu'à ce qu'il se soit formé à la surface du liquide une couche de caoutchouc qui sera aisément séparée.

Par ce procédé plus ou moins modifié le caoutchouc est préparé en Assam, dans certaines parties du Nicaragua, à Ceylan, dans les Indes Néerlandaises, à Bahia et au Congo.

Dans la coagulation par des procédés chimiques des produits minéraux et des produits végétaux entrent en ligne de compte, mais une des substances minérales les plus employées est l'eau tenant en dissolution du sel marin. Ce procédé ne donne cependant pas toujours les meilleurs résultats, le sel marin étant un corps éminemment hygroscopique et persistant dans le caoutchouc préparé, il attire sur celui-ci de l'humidité, fort peu favorable à sa conservation. De nombreux sucs végétaux ou des infusions de portions de plantes sont employés à Madagascar, en Afrique tropicale, en Amérique centrale et dans différentes parties occidentales du nord de l'Amérique du Sud ; mais l'usage de ces liquides n'est guère à conseiller, car on introduit de ce chef, dans le caoutchouc, des substances étrangères qui peuvent modifier la nature du produit.

Le groupement de procédés de coagulation dont il nous faut dire encore quelques mots a sur les autres procédés que nous venons de passer rapidement en revue, certains avantages. Parmi ceux-ci il faut citer qu'ils ne nécessitent pas l'emploi de substances étrangères ; le latex est travaillé tel qu'il sort de la plante. Ces procédés peuvent être classés en trois séries : le filtrage, le barattage et la centrifugation.

Malheureusement ces procédés exigent des appareils plus ou moins compliqués, et il est difficile dès lors de les mettre entre les mains d'indigènes encore peu préparés à un travail mécanique.

Pour extraire directement le caoutchouc des tissus qui le contiennent on peut faire agir sur ces derniers soit des dissolvants, soit des procédés mécaniques.

Dans le groupe des dissolvants il faut également faire

entrer les réactifs qui détruisent les tissus mais laissent intact le caoutchouc ; ayant donc à sa disposition des écorces riches en caoutchouc, on peut les traiter par un liquide qui enlèvera ce caoutchouc par dissolution, ou bien par un réactif qui charbonnera la cellulose, laissant le caoutchouc à l'état de masse plus au moins spongieuse venant surnager. Ces procédés chimiques

Fig. 5. — Battage des rhizomes du caoutchoutier des herbes dans la région du Koango-Sankuru.

préconisés par beaucoup d'auteurs, mais difficiles à mettre en pratique, sont beaucoup moins favorables à l'extraction directe du produit des tissus, que les procédés mécaniques.

Ceux-ci trouvent leur origine dans des procédés indigènes. Ce sont les noirs du Congo et de l'Angola qui nous ont appris que le battage d'une tige ou d'un rhizome renfermant du caoutchouc permettait la sépa-

ration d'un excellent produit, et l'emploi du battage leur a permis d'obtenir le caoutchouc rouge du Kasai qui a atteint sur nos marchés les plus hauts prix obtenus par des caoutchoucs africains. Toute une pléiade d'ingénieurs s'est occupée de cette question si importante de l'obtention mécanique du caoutchouc, et il ne se passe guère d'année sans qu'un nouvel appareil ne soit présenté. Il reste malheureusement beaucoup à faire

Fig. 6. — INDIGÈNES APPORTANT LE CAOUTCHOUC PRÉPARÉ A UNE DES FACTORERIES DE LA COMPAGNIE DU KASAI.

dans cette voie : on n'est pas encore parvenu à travailler à la machine dans des conditions aussi favorables qu'en recourant à la main-d'œuvre indigène.

Les divers procédés employés pour extraire le caoutchouc peuvent, d'après nous, se classer, comme ci-dessous, suivant la valeur du produit obtenu :

1° Les procédés mécaniques, soit sur latex, soit sur

tissus, fournissent des résultats supérieurs à tous les autres.

2° L'écrémage donne aussi d'excellents produits.

3° La chaleur donne des produits de bonne qualité quand la préparation est bien conduite, mais ils semblent, dans certains cas, un peu inférieurs.

4° Enfin, les produits obtenus par des réactifs chimiques importés d'Europe.

Les plantes à caoutchouc sont réparties dans les régions tropicales du globe et ne se rencontrent guère à l'état exploitable au nord du tropique du Cancer, et dépassent fort peu, au sud, celui du Capricorne. Les pays producteurs sont les deux Amériques, l'Afrique, l'Asie, les Indes Néerlandaises, la Nouvelle-Guinée. On ne peut citer l'Australie comme un des grands producteurs de caoutchouc, bien que certaines régions de ce continent semblent pouvoir en fournir une certaine quantité.

En Afrique, les essences à caoutchouc couvrent toute la partie centrale, depuis la limite du Sahara et des déserts de l'Abyssinie jusqu'au Natal ; à Madagascar on rencontre des plantes à caoutchouc dispersées dans presque toute l'île. En Asie les régions les plus riches en plantes à caoutchouc sont le Burma, le Laos, Ceylan, la presqu'île de Malacca, d'où ces plantes passent dans tout le chaînon de l'Archipel Malais.

Le Brésil est, comme on le sait, le principal producteur de gomme élastique ; sur les 37 millions de kilos de caoutchouc produits par l'Amérique, le Brésil, à lui seul, en fournit environ 34 millions.

Le Congo fournit en moyenne 5 millions de kilos par an, alors que la production totale de l'Afrique se chiffre par environ 18 millions de kilos.

L'Asie, dont la capacité de production augmente

considérablement, a produit dans ces dernières années une moyenne d'environ 180 000 kilos.

Nous ne pouvons entrer ici dans l'étude détaillée des essences capables de produire du caoutchouc, mais comme nous avons conseillé la culture des caoutchoutiers, on est en droit de nous demander quelles sont, parmi les essences caoutchoutifères, celles qu'il faut cultiver. La réponse à cette question est loin d'être aisée. Les avis, en effet, sont très partagés, même quand on réduit la question à l'Afrique tropicale occidentale et en particulier au Congo.

Il existe dans notre colonie des arbres et des lianes caoutchoutifères indigènes, et on y a introduit des essences étrangères, telles que *Hevea*, *Castilloa*, *Manihot*. Faut-il accorder la préférence aux essences indigènes, ou faut-il la donner aux essences introduites ?

Pour répondre à cette question, il faut tout d'abord, à notre avis, envisager le genre de culture à effectuer. La culture et l'exploitation des arbres, *Funtumia* ou *Hevea*, *Castilloa*, *Manihot* ne pourront être faites d'une manière rationnelle que sous la direction et sous l'étroite surveillance du blanc ; les saignées à effectuer pour obtenir le latex doivent être pratiquées avec grand soin, sous peine de voir les plants dépérir plus ou moins rapidement. Par contre, la culture et l'exploitation des *lianes* pourront être laissées aux noirs, elles demandent moins de soins et même, si des saignées étaient pratiquées irrationnellement, si la liane était coupée contrairement aux instructions officielles, elle ne serait pas perdue, elle repousserait et pourrait en peu d'années être réexploitée. Ce à quoi il faut, pensons-nous, arriver, c'est à intéresser le noir à l'exploitation raisonnée des ressources caoutchoutifères de son district, à lui faire comprendre l'intérêt qu'il a à ménager les plantes productrices, à les mettre en coupe réglée.

Quand il aura ainsi été habitué au travail, il sera probablement devenu apte à mener à bien une plantation régulière d'une essence arborescente. Ce n'est pas le moment de développer tous les moyens qui pourront amener ces résultats ; mais il en est un sur lequel on ne peut assez insister : c'est l'instruction professionnelle. Nos missionnaires marchent dans cette voie, c'est celle, pensons-nous, du vrai salut de la colonie.

Le problème de la culture des caoutchoutiers en Afrique tropicale est compliqué, toute une série de questions de l'ordre économique et de l'ordre social s'y rattachent, il présente des aspects scientifiques et des côtés pratiques, il n'y aura pas trop de l'union de tous ceux qui s'intéressent à notre colonie, pour mener à bien sa solution.

É. De Wildeman.

A PROPOS DU SENTIMENT DE PRÉSENCE

CHEZ LES PROFANES ET CHEZ LES MYSTIQUES (1)

SOMMAIRE

INTRODUCTION.

PREMIÈRE PARTIE :

Indications fournies par la psychologie normale et pathologique.

I. PREMIÈRES PRÉCISIONS à apporter au problème. Jugement de réalité.

II. Le JUGEMENT DE RÉALITÉ dans plusieurs *groupes de faits* :

1. Hallucinations franches.
2. Pseudo-hallucinations et cas intermédiaires.
3. Illusions de la perception.

III. DISCUSSION DE CES CAS.

1. Le jugement de réalité n'est *pas, primitivement*, une *conclusion* même implicite.
2. Ni la *résultante* immédiate d'un édifice de représentations.
3. *Hallucinations négatives* et sentiment d'*irréalité*.
4. Les *attaches affectives* du jugement de réalité.
   a) Croyance et intérêt.
   b) Croyance et vouloir.
   c) Insuffisance de l'empirisme phénoméniste.
   d) Participation de la vie émotionnelle à l'affirmation de réalité.
   e) Attention et croyance.
5. *Difficulté* de coordonner les éléments du problème *si* le « jugement de réalité » est secondaire et résultant.

IV. RENVERSEMENT DES TERMES DU PROBLÈME.

1. Le *réalisme* est *primitif* et irréductible.
2. Naissance du *doute* et des *exigences de synthèse* représentative et affective.
3. *Modes secondaires* d'émergence du jugement de réalité. Toute la complexité des faits s'explique par *une des lois fondamentales* de l'esprit humain.

V. Une ÉCHAPPÉE SUR LA PSYCHOLOGIE GÉNÉRALE de l'intuition et de l'affirmation. Raison profonde des lois auxquelles on a fait appel.

(1) Voir REVUE DES QUEST. SCIENTIF., 3e série, t. XIV, octobre 1908, pp. 527-563.

DEUXIÈME PARTIE :

Applications à la connaissance mystique.

I. L'ESSENTIEL et l'ACCESSOIRE dans les états mystiques.
II. INTERMÉDIAIRES ENTRE LA CONNAISSANCE ORDINAIRE ET L'ÉTAT MYSTIQUE SUPÉRIEUR. Leur MÉCANISME PSYCHOLOGIQUE.
  1. Visions sensibles.
  2. Visions imaginaires.
  3. Lois de la spatialisation hallucinatoire d'une représentation. Visions « intellectuelles » *spatialisées*.
III. L'INTUITION d'une PRÉSENCE TRANSCENDANTE dans l'ÉTAT MYSTIQUE SUPÉRIEUR. NATURE DE CETTE INTUITION.
  1. Le *problème*.
  2. L'*intuition mystique en dehors du catholicisme*. *a)* Néo-platonisme. *b)* Yogisme. *c)* Bouddhisme. *d)* Mystique musulmane. Soufisme. *e)* Mystique profane ou panthéistique contemporaine. *f)* Extases de protestants contemporains.
  3. L'*intuition mystique* chez les *grands contemplatifs* du *catholicisme orthodoxe*. Ses *caractères descriptifs*.
  4. *Discussion*.
    a) Préliminaires.
    b) Exposé et critique de quelques *opinions de psychologues*.
    c) *Conditions de légitimité d'une hypothèse* explicative quelconque.
    d) *Légitimité* psychologique d'une hypothèse explicative *qui respecte la lettre même des descriptions* (non pas nécessairement : des interprétations) *mystiques*.

III

4. (*a*) C'est un fait d'expérience constante que l'esprit humain, dès qu'il descend de la région sereine des pures liaisons spéculatives de concepts pour s'engager dans la zone des existences concrètes, où se pose le « jugement de réalité », se trouve aussitôt enveloppé dans un réseau de plus en plus serré d'influences qui n'ont rien de l'impartialité froide et désintéressée des simples représentations. Affirmer une existence, c'est du coup prendre position devant elle, non plus seulement par une attitude hypothétique, qui ne donne aucun branle actuel à notre activité, mais par une attitude pratique, du même ordre que l'existence affir-

mée. C'est donc équivalemment accepter les contre-coups de cette existence sur notre activité personnelle. Et l'on conçoit que le pressentiment ou la claire prévision de ces contre-coups puisse influencer le « jugement de réalité » qui logiquement nous les impose. Rien de plus naturel dès lors que cette constatation banale : « on croit volontiers ce qu'on désire, on croit même assez facilement ce qu'on redoute » ; l'objet désiré ou redouté — doctrines ou faits — intéresse trop directement notre action pour que nous ne soyons pas tentés d'en « tenir compte » comme d'un objet réel. La conviction d'ailleurs naît presque toujours d'un besoin. Dans l'ordre religieux, par exemple, combien se rencontre-t-il de conversions purement intellectuelles ? D'un point de vue strictement psychologique, Starbuck (1) ramène à deux types les conversions qu'il a étudiées chez des protestants américains : le premier type est caractérisé par le désir intense de secouer le joug du péché, le second type par le sentiment d'une « incomplétude » et l'aspiration vers une vie plus large, plus lumineuse ; il est évident que la forme religieuse qui fournissait un aliment aux tendances de ces néophytes, en apportant aux uns la « délivrance », aux autres « l'illumination spirituelle », devait, de ce chef, revêtir à leurs yeux les dehors de la plus éclatante réalité.

(*b*) Ce lien que tout le monde constate entre la conviction, la croyance, d'une part et l'émotion ou le sentiment d'autre part, ne serait-on pas en droit de le généraliser et de l'exprimer à peu près comme suit : la réalité d'un objet se mesure pour nous à son retentissement dans la sphère de nos tendances : un objet totalement indifférent serait pour nous inexistant ? Et telle est d'ailleurs la conception qui rallie les principaux

(1) E. D. Starbuck, *Psychology of religion*, 2e éd. London 1901, pp. 85 sqq.

représentants des écoles psychologiques anglaise et américaine. L'affirmation des réalités objectives ressortit pour eux à la « croyance » : mais la croyance elle-même est l'expression d'un sentiment ou d'un vouloir. « Elle consiste, disait déjà Hume, non pas dans la nature spéciale ou l'ordre des idées, mais dans le mode même de leur conception et dans l'impression (feeling) qu'elles produisent sur l'esprit. J'avoue qu'il est impossible d'expliquer pleinement cette impression ou ce mode particulier de la conception... [La croyance] donne aux idées plus de poids et d'influence, rehausse leur importance, les ancre dans l'esprit, leur confère une autorité supérieure sur les passions et les érige en principes directeurs de notre action » (1). Avant Hume, Locke observait que le dernier critère humain de la réalité d'un objet représenté réside dans le plaisir ou la douleur que provoque cet objet (2). Plus près de nous, Bain, nous l'avons vu (p. 530), se tient au même point de vue et le précise encore : « Dans son caractère essentiel, la croyance est une démarche de notre nature active, autrement dit de notre vouloir » (3). Et W. James ne fait que développer magistralement la logique interne de ce même point de vue, quand il énonce et motive la série suivante de propositions : Parmi les différents « mondes de représentations » l'homme est mis en demeure, « pratiquement, d'en choisir un qui sera pour lui le monde des réalités fondamentales » (4).

(1) Hume, *Inquiry concerning human Understanding*, sec. V, part. 2.

(2) Locke, *Essay concern. human Understanding*. Book IV, ch. 2, § 14.

(3) James Mill, *Analysis of the phenomena of the human mind*. Edited by J. Stuart-Mill, 2e édit. London 1878, vol. I, p. 394. (Note de A. Bain). *N. B.* Toute cette note 107 (p. 393) de Bain serait à lire, comme aussi la réplique assez fine que lui donne J. Stuart-Mill dans la note suivante 108 (p. 402). On y saisit sur le vif combien le fait de la *croyance au réel* donne de tablature à l'empirisme phénoméniste.

(4) W. James, *Principles of Psychology*. London 1902, vol. II, p. 293. *N. B.* Les numéros intercalés dans notre texte après les citations de W. James renvoient aux pages correspondantes de ce tome II.

« Le simple fait d'apparaître comme objet n'est pas suffisant pour constituer une réalité. Ce peut être là une réalité métaphysique, une réalité pour Dieu ; mais ce dont nous avons besoin, c'est d'une réalité pratique, d'une réalité à notre usage. Et pour cela, il ne suffit pas qu'un objet se présente à notre esprit, il faut qu'il y apparaisse *intéressant* et *important* » (295). « Au sens relatif du mot [en tant que réalité s'oppose pour nous à non-réalité] *réalité signifie simplement relation à notre vie émotionnelle et active*... En ce sens, tout ce qui stimule et excite notre intérêt est réel » (295). « D'une manière générale, plus un objet nous excite, nous impressionne, plus il possède de réalité » (307). « Chez l'homme peu civilisé toute pensée impressionnante entraîne créance. *Concevoir avec passion, c'est, par le fait même, affirmer* » (308). « La source et l'origine de toute réalité, aussi bien du point de vue absolu que du point de vue pratique, est donc subjective, c'est *nous-mêmes*. » « Notre propre réalité, le *sentiment de notre propre vie*, que nous éprouvons à tout instant, est *le plus ultime fondement de notre croyance* » (297). « Le monde des réalités vivantes, par opposition aux irréalités, est donc ancré dans notre Moi envisagé comme un terme actif et émotionnel. Ce Moi est le crochet auquel est suspendu tout le reste. Mais de même qu'à un crochet peint, on ne peut suspendre qu'une chaîne en peinture, de même à un crochet réel on ne fera porter qu'une chaîne réelle. *Tous les objets qui ont une connexion intime et continue avec ma vie sont des objets dont la réalité ne fait pas de doute pour moi* » (298). Et pourquoi, au fond, ne douté-je pas ? Parce que, stimulé par l'ébranlement de mes tendances, *je veux* l'existence de ces objets en vertu de la volonté même dont je veux ma vie.

C'est aussi la pensée qu'exprime, d'une manière assez frappante, J. Royce (*Religious aspect of philosophy,*

p. 304) cité par James (318, note) : « La dernière raison pour laquelle l'homme, dans sa vie de tous les jours, croit à l'existence d'un monde extérieur, c'est *sa volonté d'avoir un monde extérieur*... L'assurance populaire de l'existence d'un monde extérieur, se ramène à *la ferme volonté d'en constituer un*, maintenant et dans l'avenir. » James ajoute cette remarque, que si l'on peut à la rigueur mettre en doute la réalité d'un monde *matériel* extérieur à nous, personne ne met en doute l'existence d'esprits distincts du sien : ici « l'apparence vide » ne nous suffit plus, car « un solipsisme psychique est une par trop hideuse insulte à nos besoins » (318, note).

Nous croyons donc à la réalité d'un objet, *parce que* nous voulons et posons cet objet. Quelle différence subsiste donc entre croyance et vouloir ? au point de vue strictement psychologique, aucune. « Dans les deux cas, l'esprit fait la même chose : il prend l'objet en considération, consent à son existence, l'épouse en quelque sorte et dit : « ce sera ma chose »... Le reste est affaire à la nature, qui en certains cas effectue l'objet pensé... en d'autres cas ne le fait point » (310). « *Bref, vouloir et croyance, en tant qu'ils désignent une relation entre les objets et le moi, sont deux noms pour exprimer un seul et même phénomène* PSYCHOLOGIQUE » (321).

(*c*) Nous sommes bien près d'atteindre ici la racine commune des théories qui rattachent le jugement de réalité à la « croyance » et font de celle-ci une expression du sentiment ou du vouloir.

Aux termes de l'ancienne psychologie, tout *être* est porteur d'une double relation transcendantale : il est *vrai*, c'est-à-dire objet d'intellection : il est *bon*, c'est-à-dire objet de tendance et mobile d'action. Plaçons maintenant cet *être* en face d'une intelligence particulière doublée d'une activité : il va se refléter dans l'in-

telligence et, du même coup, donner le branle à l'activité. Le problème est de savoir quand et par où s'imposera d'abord à cette intelligence la *réalité* de l'être qu'elle se représente. Autrement dit : l'être se « réalise-t-il » primitivement, pour l'esprit humain, dans l'ordre de la *vérité* ou dans l'ordre de la *finalité ?*

Du point de vue purement phénoméniste de l'École anglaise, les données du problème se réduisent, d'une part à un groupement de *représentations* associées — correspondant à la « vérité » de l'objet — et d'autre part à un ensemble corrélatif de *réactions motrices* — répondant à la « bonté » de l'objet. Mais prétendre tirer d'un simple jeu de représentations l'*affirmation absolue* d'une existence, c'est vouloir, selon le mot arabe, tirer de l'huile d'une pierre ; en effet, le concept et l'image sont par eux-mêmes indifférents à l'attribut de réalité, et, au point de vue purement représentatif, « le réel, comme dit Kant, ne contient rien de plus que le possible. » On conçoit donc que les psychologues dont nous parlons, ne trouvant point d'attache au jugement existentiel dans le domaine de la pure connaissance, réduite pour eux à des combinaisons d'images, aient été contraints de se rabattre sur les tendances et le vouloir. Et dans cette voie, pour rester fidèle jusqu'au bout au phénoménisme, il ne reste qu'une issue possible : l'identification de la *croyance à la réalité* avec l'attribution d'une *valeur d'action* à certaines images mentales, c'est-à-dire un *pragmatisme* aigu et exclusif.

Mais cette identification répond-elle bien à notre expérience intime ? et le phénoménisme extrême que nous venons d'esquisser ne va-t-il pas, par sa franchise même, nous rejeter logiquement en arrière, jusqu'à ce phénoménisme atténué et bâtard, qui évite prudemment de jeter une lumière trop crue sur le mécanisme de la « croyance » ? Quand nous affirmons une existence, notre affirmation dépasse — à tort ou à raison — l'ordre

du pur phénomène représentatif ou moteur : nous n'établissons pas une simple relation possible d'images et de mouvements, nous prétendons bien atteindre un « absolu », nous donner « quelque chose » qui ne soit identiquement ni la pure représentation que nous en avons, ni l'attitude que celle-ci a provoquée. Illusion, chimère, si l'on veut : il n'en faut pas moins expliquer la naissance de cette illusion et l'élaboration de cette chimère.

Et pourtant, si la réalité d'un objet ne s'affirme pas uniquement dans le règne de la volonté et des « fins », elle ne se pose pas uniquement non plus dans le règne de l'entendement et des « représentations ». La croyance ne peut donc être ni strictement intellectualiste, ni exclusivement volontariste : elle implique une représentation subie, mais elle implique aussi une réaction active.

Ici apparaît, nous semble-t-il, un des points faibles de la psychologie phénoméniste : elle a coupé le lien profond de la vérité et de la finalité ; dès lors, avec les éléments réduits qu'elle se donne, elle échoue à refaire la synthèse de la croyance. Les pures représentations n'y suffisent pas, c'est entendu : on sent parfaitement que « croyance » implique « affirmation » et qu' « affirmation » dit « activité » ; mais en fait d' « activités » on ne veut connaître que les réactions volontaires et motrices provoquées par le contenu muable des représentations. Malheureusement, ces réactions n'affirment que leur réalité subjective (ou phénoménale) à elles-mêmes et leur connexion avec certaines images. A quel endroit embrayer sur elles cette *affirmation de réalité absolue*, qui pourtant n'est point elle-même un phénomène négligeable ?

En fait — nous le verrons mieux plus loin — chercher dans des volitions particulières le fondement ultime de l'affirmation de réalité, c'est méconnaître la seule

activité qui puisse être le principe légitime de toute affirmation et de toute « croyance » (1) : je veux dire le *dynamisme* même de l'esprit, sa « nature » auraient dit les Scolastiques. Car l'esprit n'est pas seulement une collection d'images associées, il n'est pas même seulement le substrat métaphysique — inerte et réceptif — de ces images, il est une « puissance active », une force polarisée vers quelque chose vers quoi elle marche : le « vrai » est pour lui, non seulement une parure, mais plus rigoureusement encore un « mobile ». Mais n'anticipons pas. Reprenons le patient inventaire des pièces multiples que nous impose ici l'expérience. Peut-être leur trouverons-nous enfin une forme d'emboîtement.

(*d*) Nous avons vu qu'un objet, pour nous paraître réel, doit présenter à nos yeux *un certain intérêt*. Admettons cette proposition sans chicane et enregistrons cette « condition » de notre croyance à la réalité.

Pour présenter un certain intérêt — et d'une manière générale pour nous paraître réel —, tout objet doit se rattacher de quelque façon à *notre « moi » empirique*, c'est-à-dire à cet ensemble coordonné de représentations, de sentiments et de tendances, qui crée à chacun sa physionomie propre. Enregistrons encore : car cette « condition » nouvelle, ne fût-elle pas un corollaire de la précédente, se trouverait par ailleurs être presque un fait d'observation.

Qui ne connaît cette impression d'étrangeté, d'irréalité, que nous éprouvons en face des objets les plus familiers, quand une forte préoccupation a momentanément déplacé l'axe de notre personnalité psychologique ? Nous faisons là, en miniature, une expérience de dissociation mentale. Accentuons le phénomène, laissons les groupes de représentations essaimer de notre sys-

(1) Toujours au sens étendu que les psychologues anglais donnent à ce mot.

tème fondamental de conscience : à mesure que leurs associations avec le noyau central se relâcheront, ils perdront leur indice de réalité et tomberont même dans la sous-conscience. La séparation d'avec le « moi » est fatale aux représentations, aussi longtemps du moins qu'elles n'ont pas constitué, en se groupant à l'écart, un second « moi » psychologique, qui, chez le même sujet, vienne *alterner* avec le « moi » primitif.

Une troisième « condition » de cette perception du réel est impliquée dans les deux précédentes et semble d'ailleurs s'imposer d'elle-même : c'est que la représentation de l'objet soit autre chose qu'un froid reflet posé sur nos facultés cognitives, mais qu'elle ébranle en même temps *des émotions et des sentiments*.

Toute sensation est marquée d'un « ton affectif » : ce fait s'inscrit complaisamment sur les graphiques de laboratoire, et pour le récuser, il faudrait nier que les variations somatiques enregistrées ne soient le réactif naturel d'ébranlements affectifs. Mais le « ton affectif », le *Gefühlston*, n'escorte pas seulement la sensation : il s'attache à quelque degré à toute représentation qui surgit dans la conscience. On peut poser en principe que toute image a quelque retentissement dans la sphère émotionnelle. A priori, il n'est point impossible qu'aux diverses intensités du *Gefühlston* ne correspondent des indices de réalité différents, et que l'impression d'irréalité d'une sensation ne provienne de la baisse du ton affectif de celle-ci. Cette hypothèse se conçoit d'autant mieux que nous ne possédons de sensations conscientes qu'engagées dans des perceptions plus complexes. Or, la remarque en a été faite souvent, une perception n'est point une assimilation brutale et adéquate d'un objet : elle se fonde sur l'appréhension d'un petit nombre seulement de données sensibles immédiates, qui, elles, font revivre tout un système d'impressions antérieurement acquises : cette compénétration

des éléments présents et passés affermit les maîtresses lignes de l'objet et en détermine l'identification. Une perception — dans un esprit déjà organisé par des expériences successives — suppose donc, entre autres opérations, la « reconnaissance » d'un bon nombre d'éléments déjà expérimentés. Et dès lors, une sensation qui se présenterait avec un « ton affectif » notablement affaibli, pourra n'être pas « reconnue », ne point entrer dans la synthèse perceptive, et demeurer ainsi en dehors de la zone du réel. Ou bien il arrivera — comme dans le cas d'Alexandrine, étudié par M. Revault d'Allones (1), ou dans le cas de nombreux psychasthéniques — qu'un affaiblissement général de certaines réactions émotionnelles fondamentales amène une diminution universelle du « ton affectif » des représentations : celles-ci pourront alors s'associer correctement entre elles, et la perception sera suffisamment juste : mais elle laissera une impression d'irréel au malade, qui instinctivement compare ses perceptions présentes aux perceptions analogues dont il a fait jadis l'expérience, et oppose l'atonie désolante des premières aux remous émotionnels que provoquaient autrefois les secondes.

Une certaine intensité du « ton émotionnel » d'une représentation semble donc liée au sentiment de la *réalité* de celle-ci. Mais est-il légitime de transformer le « cum hoc » en « propter hoc » ? ou, en termes plus précis, pouvons-nous supposer que le jugement spontané de réalité, qui n'est point — nous l'avons vu — la résultante d'un emboîtement de pures représentations, soit plutôt la résultante de certaines consonances d'ordre affectif ?

Il faut bien l'avouer, cette supposition entraîne des difficultés inextricables.

(1) Revault d'Allones. *Rôle des sensations internes dans les émotions et dans la perception de la durée.* REVUE PHILOS., déc. 1905, p. 592 sqq.

Ou bien, comme semblent le faire les phénoménistes pragmatistes, on *identifie* la croyance à la réalité avec certaines combinaisons de sentiments et de vouloirs : nous avons déjà écarté cette prétention.

Mais on peut aussi considérer la croyance à la réalité, comme un produit synthétique *nouveau*, *résultant* primitivement de certaines combinaisons d'antécédents affectifs. Pour justifier cette affirmation il faudrait au moins pressentir, à l'analyse de l'esprit humain, la *loi fixe* — vraie loi naturelle — qui relie ces antécédents à leur conséquent : il faudrait découvrir le surcroît d'intensité et la dose relative de complexité que doit présenter l'accompagnement affectif d'une présentation mentale pour investir celle-ci du caractère de réalité ; et eût-on fait cette détermination que notre raison n'y trouverait point son compte, car elle se demanderait encore quel rapport foncier peut bien exister entre telle ou telle proportion précise d'intensité affective et l'affirmation d'une réalité ?

En fait, l'expérience ne présente rien qui fasse soupçonner la loi susdite. Beaucoup de ces menues sensations, qui remplissent nos journées, sont parfaitement perçues malgré la pauvreté de leur ton affectif : l'obtusion affective qu'engendre l'habitude peut certes s'accentuer jusqu'à faire tomber ces sensations en dessous du seuil de l'attention normale ; mais, aussi longtemps qu'elles émergent dans la conscience, elles sont d'emblée « réalisées ». Par contre, de simples représentations purement imaginaires nous émeuvent parfois violemment, sans que cette commotion fasse surgir en nous le sentiment de leur objectivité. On peut au moins conclure de là qu'il n'existe pas de proportion rigoureuse entre l'intensité du « ton affectif » d'une représentation et le caractère « réel » du contenu de celle-ci. Et puis, combien de fois une sensation peu en harmonie avec nos tendances ne parvient-elle pas, par

l'évidence de « réalité » qu'elle nous impose, à briser l'armature affective dont elle nous trouve bardés et à modifier même le cours de nos sentiments ? Dira-t-on que cette sensation n'a de consistance et de réalité, et ne s'impose finalement, que par la vigueur originelle de son « ton affectif » ? N'est-ce pas au contraire son indubitable « réalité » qui lui permet de s'imposer *malgré* son « ton affectif » ?

A ce propos, il importe de bien remarquer que l'adaptation *affective*, qu'on pourrait exiger d'une représentation qui aspire au brevet de réalité, n'est point absolument de même nature que cette sorte d'adaptation *logique*, dont nous avons reconnu plus haut la nécessité. Une image qui refuse de s'emboîter dans nos synthèses représentatives, ou bien modifie ces synthèses, ou bien se confine dans le monde « irréel » ; par contre, une représentation qui heurte nos tendances, qui froisse nos désirs les plus profonds, ne se trouve point éliminée par là seul : sa réalité peut subsister tout entière, malgré l'antagonisme affectif qu'elle a déchaîné. La contradiction logique tue le *réel*, l'antipathie le laisse subsister ou ne l'atteint qu'indirectement. L'unité de conscience nécessaire à la perception d'un objet sera donc plus rigoureuse dans l'ordre des représentations que dans l'ordre des tendances (1).

(*e*) Puis, il ne faut pas perdre de vue non plus le *rôle préparatoire* que les éléments émotionnels jouent d'ordinaire — sinon toujours — dans la perception du réel. Insistons-y un peu.

Le contenu d'une représentation, pour devenir le sujet d'un jugement de réalité, doit évidemment avoir pénétré d'abord dans la conscience nette, avoir été

(1) On retrouverait pourtant la même exigence d'unité s'il s'agissait de la tendance foncière et non plus seulement de tendances immédiates et partielles.

« aperçu » par le sujet connaissant. Quelle que soit la nature de cette *aperception*, un objet n'entre dans la conscience nette qu'en sollicitant l'*attention*. L'attention n'est pas à proprement parler, comme le voudrait Kohn (1), la conscience même qu'on prend d'un objet, l'entrée de cet objet dans la conscience claire, bref le simple phénomène cognitif; c'est plutôt, nous semble-t-il, l'attitude générale, soit spontanée, soit provoquée, soit volontaire, qui permet au sujet connaissant de prendre et de garder conscience de sa représentation : en d'autres termes, c'est l'*attitude totale* qui permet l'établissement et le maintien des conditions subjectives de la conscience prise d'un objet. En ce sens très étendu, tout objet conscient est à quelque degré objet d'attention et l'on pourrait dire, à la rigueur, avec Pillsbury (2), que « l'attention est la conscience vue sous un certain aspect », c'est-à-dire en conjonction avec certains phénomènes concomitants. Or si l'attention n'est pas, pour nous, la représentation consciente elle-même, mais cette disposition subjective qui lui permet de se maintenir, fût-ce un instant devant l'esprit, nous pourrons — ou même nous devrons — chercher l'origine de cette disposition dans la « nature active » du sujet connaissant, c'est-à-dire soit dans la volonté, soit dans le sentiment, soit dans les réactions motrices élémentaires. Une représentation ne posera, même une fraction de seconde, devant la conscience, que si les conditions psycho-physiologiques qui permettent ce phénomène sont maintenues pendant un temps équivalent : il s'est produit une *polarisation momentanée* qui répond à la notion d'attention élémentaire. Que cette tension psycho-physiologique encore obscure s'accentue et se précise en une tendance, une *émotion*, un *senti-*

(1) *Zur Theorie der Aufmerksamkeit*. Halle, 1895. Cf. W. B. Pillsbury. *L'Attention*. Paris, 1906, p. 204.

(2) *Op. cit.*, p. 205.

ment, et la représentation qu'elle accompagne aura chance de se maintenir plus longtemps dans le champ de la conscience ; car une émotion ou un sentiment ne se laissent pas déplacer si rapidement, et communiquent à l'image qu'ils appuient quelque chose de leur « moment d'inertie ». Cette attention plus intense, due à l'éveil du sentiment, peut être renforcée encore par un *acte volontaire :* de quelque façon qu'on explique ce fait psychologique, il faut bien admettre l'influence du vouloir sur le maintien des représentations.

Nous pouvons donc souscrire dans une certaine mesure à toutes les théories qui mettent soit un élément moteur, qui est une émotion inchoative, soit un sentiment, soit un vouloir élémentaire, bref une certaine réaction active, à la base du phénomène de l'attention : pour autant qu'il nous est actuellement nécessaire, nous nous appuyons aussi bien sur Wundt, sur Münsterberg et sur Stout que sur Bain, Ribot, Horwicz ou Stumpf. Car il nous suffit ici — et il nous semble que sur ce point l'accord existe, au fond, entre les écoles les plus opposées — il nous suffit que l'état d'attention implique, parmi ses conditions subjectives, l'éveil de certaines tendances soit simplement organiques, soit plus souvent psychologiques. Or, la perception supposant l'attention, il est vraisemblable que la nécessité d'un « ton affectif » pour toute représentation qui aspire à se « réaliser », n'est souvent que *médiate* et correspond à une condition de l'attention beaucoup plus qu'à une condition de la perception elle-même.

D'ailleurs l'attention est un *acheminement* à la perception pleine, à l'hallucination, ou, d'une manière plus générale, à la croyance : elle réalise, suivant le mot de Ribot (1), un « monoïdéisme relatif » ; ou mieux, elle réalise, comme le montre Stout, une

(1) Th. Ribot. *Psychologie de l'attention*, 9e éd. Paris, 1905, p. 125.

unification au moins momentanée de l'esprit par la prédominance d'un groupe mental ou, si l'on veut, par la constitution d'un « système aperceptif ». « Les éléments qui forment (?) l'activité d'un système mental sont à ce même moment dans l'impossibilité d'agir soit dans un autre système, soit séparément. Lorsque nous sommes occupés à écrire ou à parler d'un sujet sérieux, il ne nous vient pas à l'idée, à moins d'être d'invétérés faiseurs de calembours, de jouer sur les mots dont nous nous servons. Si nous sommes attentifs au jeu de billard, l'idée des billes ne nous fait pas penser au commerce de l'ivoire ou à l'esclavage en Afrique » (1). Mais cette « unité de l'esprit », réalisée à quelque degré dans le phénomène d'attention, est aussi la *seule condition subjective* que nous ayons vue accompagner *toujours* la perception vraie ou fausse du réel. Rien d'étonnant donc que l'on puisse, avec Ribot, échelonner les intensités d'attention en une série progressive dont le terme est l'hallucination franche ou la croyance absolue : plus « l'unité de l'esprit » se fait étroite, plus catégorique aussi se fait le jugement de réalité correspondant. Le groupe mental, d'abord simple objet d'attention, peut, lorsque celle-ci s'intensifie, devenir pseudo-hallucinatoire ou se transformer en idée fixe ; de l'idée fixe, « idée délirante avortée » (2), la distance n'est plus tellement grande jusqu'au délire proprement dit, qui, lui, achève d'accaparer et unifie obstinément l'activité mentale : et cette systématisation sans contrepoids se traduit par l'hallucination franche et la croyance morbidement tenace.

5. L'accentuation des conditions psychologiques de l'attention simple fait donc naître le sentiment de réalité

(1) Pillsbury. *Op. cit.* (Trad. Molloy et Meunier), p. 183.
(2) Th. Ribot. *Op. cit.*, p. 135.

et la croyance (1). Or ces conditions se résument dans une *synthèse plus étroite* des éléments qui couvrent actuellement le champ de la conscience. C'est donc à juste titre que M. Pierre Janet rattache la « fonction du réel » au « pouvoir de synthèse » du sujet connaissant. D'autre part, cette synthèse n'apparaissant guère possible que sur la base de certaines tendances émotionnelles, au moins inchoatives, il semble que M. Ribot et les psychologues anglais aient pareillement raison en soulignant le rôle du sentiment, au sens le plus large de ce mot, dans la croyance à la réalité.

Et nous voilà encore une fois en présence des éléments déjà rencontrés : une *certaine unité de l'esprit*, réalisée par la *coordination des représentations*, avec le *concours du sentiment*. Ces éléments, dans un esprit qui ne serait point vierge encore de toute impression psychologique, sont nécessaires à l'émergence d'un jugement de réalité : ils doivent donc entrer en ligne de compte dans tout essai d'explication de ce jugement. Mais supposer que ce jugement soit *primitivement* et *de soi* la *résultante* d'une *certaine complexité* des combinaisons représentatives et d'une *certaine intensité* des sentiments excités par elles, c'est se heurter à toutes les difficultés que nous avons signalées à plusieurs reprises dans les pages précédentes : la loi stable que l'on postule est arbitraire et expérimentalement insaisissable.

IV

Le problème, tel que nous l'avons posé, paraît insoluble : ne serait-il pas insoluble précisément parce qu'il

(1) James va même jusqu'à identifier l'attention et la croyance. Cf. *op. cit.*, p. 322, note.

est mal posé ? Essayons d'en renverser les termes : au lieu de chercher comment le réel sortirait de l'irréel, l'affirmation du doute, l'objectif du subjectif, voyons s'il ne serait pas plus simple — et pour tout dire plus logique — de poser en fait primitif le *réel*, l'*affirmation* et l'*objectif* et de chercher comment ce fait se désagrège ou se dédouble en *irréel*, en *doute* et en *subjectif*. Nous retrouverions ainsi, avec un certain nombre de psychologues modernes et sous la poussée de l'expérience, le point de vue — très net mais insuffisamment analysé — de l'ancienne psychologie thomiste.

1. W. James est ici encore notre allié : « A peine y aurait-il un homme du commun qui ne répondrait pas, si on l'interrogeait, que les choses se présentent à nous d'abord *comme des idées*, et que, si elles passent au rang de réalités, c'est que nous *leur adjoignons quelque chose*, c'est-à-dire l'attribut de *posséder une existence réelle en dehors de notre pensée*. » Et cette conception, dit James, aurait « envahi depuis longtemps la psychologie » et serait « dans la tradition *of Scholasticism* (?), *Kantism and Common-sense* » (1). Toutes réserves faites sur ce dernier point, nous souscrivons volontiers à ce qui suit. « On ne conteste pas » qu'il n'y ait une part de vérité dans « l'opinion orthodoxe et populaire » : « la distinction logique entre la pensée nue d'un objet et la croyance à la réalité de cet objet, répond souvent, de fait, à une succession chronologique. Avoir l'idée de quelque chose n'est point toujours croire à ce quelque chose ; car souvent nous supposons d'abord et nous croyons ensuite. Et nous sommes parfaitement conscients de la succession de ces deux opérations mentales. Mais des cas de ce genre ne sont pas des cas *primitifs* ; car ils ne se présentent que dans des esprits

(1) W. James, *Principles*, II, p. 318.

entraînés dès longtemps au doute par les contradictions de l'expérience. *L'impulsion primitive est d'affirmer immédiatement la réalité de tout ce que l'on conçoit* » (1).

Ceux qui pensent, comme James, que c'est le doute et non pas l'affirmation qui demande à être justifié, peuvent, d'ailleurs, se réclamer d'illustres ancêtres (2). La proposition 17e de la 2e partie de l'Ethique de Spinoza se formule comme suit : « Si humanum corpus affectum est modo, qui naturam corporis alicujus externi involvit, Mens humana idem corpus externum *ut actu existens*, vel *ut sibi praesens contemplabitur*, donec Corpus afficiatur affectu, qui ejusdem corporis existentiam vel praesentiam secludat » (3). Et plus loin, dans le Scholium de la proposition 49e : « Si enim Mens praeter equum alatum nihil aliud perciperet, *eumdem sibi praesentem contemplaretur*, nec causam haberet ullam dubitandi de ejusdem existentia, nec ullam dissentiendi facultatem, *nisi* imaginatio equi alati juncta sit ideae, quae existentiam ejusdem equi tollit, vel quod percipit ideam equi alati, quam habet, esse inadaequatam, atque tum vel ejusdem equi existentiam necessario negabit, vel de eadem necessario dubitabit » (4). Quoi qu'il en soit des principes plus profonds — et partiellement vrais — sur lesquels Spinoza appuie sa remarque, il reste que, pour lui, *toute idée non contredite affirme la réalité de son contenu* : le doute est secondaire, il résulte d'une « inadéquation », constatée dans l'idée et forçant à en disjoindre, au moins hypothétiquement, l'attribut d'existence. Or cette « inadéquation » — nous le

(1) W. James, *op. cit.* II, pp. 318-319.

(2) Et il est remarquable qu'ils les trouveront parmi les philosophes qui furent le moins profondément atteints par les prolongements du nominalisme.

(3) B. de Spinoza. *Opera*. Recognoverunt Van Vloten et Land. Edit. altera. T. I. Hagae Comitum, 1895, p. 89.

(4) *Op. cit.*, p. 115.

redirons plus loin — n'est constatable que dans une « multiplicité », qui vient briser la cohérence de l'esprit et inhiber l'acte propre de celui-ci : l'affirmation absolue de l'*être*.

C'est exactement ce qui se trouve exprimé, d'un point de vue strictement psychologique, chez W. James : « Tout objet non contredit est, *ipso facto*, cru et posé comme réalité absolue » (1).

Il est vrai que cette tendance foncière et primitive de l'esprit à « réaliser », à « objectiver », se trouve assez tôt masquée chez l'homme par la complexité croissante des éléments qui influencent la perception. Pour retrouver dans toute sa simplicité, l'attitude spontanée de l'esprit devant une représentation, il faudrait remonter à l'éveil même de la conscience de chaque homme, analyser cette phase amorphe dont parle Baldwin, où le « moi » conscient commence à peine à se dégager dans la masse des objets indistinctement extériorisés. « Il doit en être de la conscience naissante, écrit Höffding, comme de celle du rêve ; tout ce qui s'offre est pris d'abord comme argent comptant et il n'y a encore aucune raison de disposer le contenu de la conscience en deux sphères différentes : d'un côté le monde du possible et de la fantaisie, de l'autre celui de la réalité et de la perception ; on ne découvre, au contraire, cette opposition que par une série d'expériences en grande partie amères. Nous devons nous heurter encore souvent à la réalité jusqu'à ce que ses limites nous deviennent évidentes » (2). « Tant s'en faut, déclare W. James, que notre manière primitive de sentir les choses soit de les sentir comme subjectives ou mentales, que c'est exactement le contraire qui semble

(1) W. James, *op. cit.*, II, p. 289.
(2) Höffding, *Esquisse d'une psychologie fondée sur l'expérience*. Trad. Poitevin. Paris, 1900, p. 108.

vrai. Notre mode de conscience le plus primitif, le plus instinctif, le moins évolué, est le mode objectif : seul le développement de la réflexion nous rend capables de concevoir un monde intérieur » (1). « Il est sûr que subjectivité et intériorité sont les notions acquises *le plus tard* par l'esprit humain » (2).

Comme le dit A. Riehl (3), au lieu de partir d'une pure « subjectivité » pour découvrir comment on pourrait bien passer à une « objectivité », il vaudrait mieux prendre appui sur cette donnée d'expérience qu'est l'objectivité *immédiate* de la sensation et chercher ensuite les conditions dans lesquelles cette objectivité, primitivement donnée, résiste ou non au contrôle de la raison.

2. Notre problème, ainsi transformé, nous met en présence de la question suivante : Comment naissent le doute et la distinction des perceptions d'avec les représentations libres ?

Mais cette question ne nous trouve plus désarmés, comme tantôt la question inverse, car nous tenons *un principe de solution* dans une des *lois fondamentales de l'esprit*, je veux dire dans l'impossibilité pour celui-ci de s'arrêter à une contradiction ou même de se reposer en toute sécurité en face d'une possibilité de contradiction. La contradiction, qui surgit, *élimine* un de ses termes ou plutôt le *transpose* ; la simple menace d'une contradiction, de soi, *suspend* le mouvement d'adhésion naturel à l'esprit. Tel est le principe très simple de la *négation*, de la *distinction* et du *doute* : il est traditionnel et c'est lui, encore, qu'implique ce théorème de W. James : « Toute la distinc-

(1) W. James, *op. cit.*, II, p. 32.
(2) W. James, *op. cit.*, II, p. 43.
(3) *Der philosophischer Kriticismus*. Bd. II, 2, p. 64. (bei W. James, *op. cit.*, II, p. 32).

tion du réel et de l'irréel, toute la psychologie de la croyance, de la négation et du doute est donc fondée sur deux faits mentaux : premièrement, sur notre aptitude à penser de différentes manières le même objet, et secondement sur le pouvoir que nous avons alors de faire choix entre ces manières pour adhérer à l'une et rejeter l'autre » (1).

L'enfant, qui d'abord réagit sans défiance au contenu de chaque représentation, apprend bientôt à ses dépens que toute association n'est point stable ni toute séquence invariable. Tel caractère — par exemple la couleur blanche, que la mémoire ramène à la surface, associée à des images tactiles et à une saveur sucrée — s'impose d'abord sans contrepoids à l'esprit du petiot et déclanche son activité, mais aussitôt se dérobe aux efforts de préhension ou du moins apparaît insipide : l'association primitive est brisée, ou bien elle commence à s'étager en plusieurs plans. Dans cette déception « *le premier fondement de l'opposition entre le possible et le réel est posé*. C'est alors seulement que les *représentations libres* commencent à s'opposer nettement à la sensation et à la perception : elles prennent le caractère d'une chose qui ne possède aucune valeur pratique directe, et perdent la tendance au mouvement qui leur était associée, et avec laquelle leur caractère de réalité était en si étroite connexion. L'exubérante mobilité du début est désormais interrompue... Un certain doute, une certaine inquiétude se font sentir, l'état n'est plus aussi net ni aussi homogène qu'au début » (2).

A mesure que les expériences se multiplient et que l'esprit se complique, certaines associations se heurtent

(1) W. James, *op. cit.*, II, p. 290. Nous rappelons les réserves faites plus haut (p. 225) sur la conception pragmatiste du jugement existentiel chez W. James.

(2) Höffding, *op. cit.*, p. 171.

donc à la contradiction et se trouvent ainsi éliminées de la zone du réel ; d'autres persistent non contredites. Celles-ci, comme il est naturel, sont de plus en plus érigées en « patrons » des perceptions futures et en « prototypes » de réalité ; car l'intrusion des éléments de mémoire dans la perception va grandissant (cf. p. 229), et l'on conçoit la difficulté que doit éprouver une sensation discordante, pour se faire accepter en rupture des cadres établis. Les exigences de coordination, de synthèse, se haussent à même la multiplicité croissante des éléments psychologiques ; pourtant cette « synthèse » complexe ne *crée* pas le jugement de réalité : elle écarte seulement les contradictions qui empêcheraient ce jugement de se produire.

Mais le conflit des représentations n'est pas le seul agent d'élimination qui opère dans un esprit déjà « compliqué » par la vie. Nous avons vu le rôle que tiennent ici les éléments affectifs (cf. pp. 228 et suiv.) : ils peuvent faire méconnaître une représentation déjà formée, empêcher une association de se nouer, faire avorter une image avant même qu'elle surgisse dans la conscience claire, bref, ils peuvent soit supprimer virtuellement une représentation, soit la reléguer dans l'irréel.

3. Par contre, il leur arrivera de jouer le rôle inverse et de prendre l'influence prépondérante, sinon exclusive, dans la *réalisation* d'une image ou d'une idée trop faible ou trop peu cohérente pour s'imposer seule. On doit ici se rappeler — et nous attirons l'attention sur ce fait susceptible de plus d'une application à la psychologie des mystiques — le rôle que peut avoir le sentiment dans les associations mentales. L'étude des phénomènes de « mémoire affective » (1) nous paraît

(1) On a désigné par cette expression la *reviviscence d'un état émotionnel déjà éprouvé*, sans reviviscence, au moins proportionnée, des antécédents représentatifs qui l'avaient jadis provoqué.

avoir mis en lumière — ce qu'on pouvait d'ailleurs pressentir — la possibilité, pour un état affectif, de se dégager jusqu'à un certain point de la représentation qui l'avait provoqué et d'intervenir comme terme indépendant dans les rapports d'association (1). Qu'arrive-t-il, en fait ? C'est que les perceptions dont la réalité fait le moins de doute pour nous, se sont trouvées très régulièrement accompagnées d'une somme d'impressions émotionnelles assez vagues, variables d'ailleurs d'après les individus, mais dont la totalité revêt pour chacun une certaine physionomie reconnaissable. D'autre part, depuis le moment où le choc de la contradiction logique a fait surgir dans notre esprit les notions d'irréel et de subjectif, nous possédons des éléments conceptuels suffisamment distincts qui répondent aux notions d'objet et de réalité. Ces derniers concepts ont pu contracter une association étroite avec le complexe émotionnel qui a coutume d'escorter nos perceptions les plus indiscutées. Il arrivera donc facilement que cet état émotionnel, se réveillant en connexion purement accidentelle avec une idée ou une représentation quelconque, tende à investir celle-ci de l'attribut de réalité qu'il traîne après lui : que l'esprit soit dépourvu à ce moment de moyens de critique, et l'association nouée, sur base affective, entre la représentation actuelle et la notion de réalité suffira à entraîner le jugement correspondant.

Pour nous résumer en deux mots, nous dirons que les jugements de réalité et d'irréalité, d'objectivité et de subjectivité, bien que *primitivement* liés à d'autres

(1) Fouillée, dans sa *Psychologie des Idées-forces* attribue au sentiment un rôle important dans les associations d'idées : « L'association des idées présuppose celle des émotions, et sous celle des émotions celle des impulsions. » « Les idées ne s'enchaînent pas seulement par des rapports tout mécaniques et logiques », mais aussi « par un rapport d'adaptation à nos sentiments. » (t. I, pp. 221 sqq.).

conditions d'émergence, peuvent apparaître *secondairement* comme le contre-coup, dans l'entendement, soit d'associations purement représentatives, soit d'associations à base émotionnelle.

Chez l'adulte normal la perception ou la croyance ne se dégagent jamais complètement des influences secondaires que nous venons d'indiquer. Est-ce à dire pourtant que le « mode primitif » n'y soit absolument plus décelable ? Loin de là. Laissons les cas pathologiques, auxquels nous avons déjà fait appel, par exemple, le cas du délire non systématisé et des hallucinations incohérentes. Il reste que, dans la vie quotidienne, une infinité d'impressions sensibles plus ou moins indifférentes nous apparaissent réelles et objectives par le seul fait qu'elles se présentent sans heurt et sans contradiction, et beaucoup moins, ou même pas du tout, par leur coordination *positive* à une synthèse spéculative ou émotionnelle. Dans l'édifice mental, que nous réédifions à chaque instant, bien des moellons sont, pratiquement, indifférents et interchangeables : il n'importe pas beaucoup à notre synthèse mentale que tel détail soit ou non remplacé par tel autre. Et ceci explique, nous semble-t-il, la présence de nombreux éléments hallucinatoires (cf. t. XIV, p. 543) dans nos perceptions complexes : ils surgissent dans la conscience sans être postulés rigoureusement par la synthèse en voie de se faire : mais ils y occupent pacifiquement une place normale et effacée, et cette circonstance suffit pour les rendre bénéficiaires de cette tendance « réalisante », qui est le mouvement naturel de l'esprit.

D'ailleurs, à y regarder de près, les modes *secondaires* de « réalisation », signalés à la page précédente, se fondent eux-mêmes sur notre tendance foncière à « poser dans le réel », à « affirmer » sans distinctions, tout contenu de représentation qui n'est mis en doute ni affectivement, si l'on peut dire, ni logiquement. Si rien

n'y met obstacle, l'attribut de « réalité » vient immanquablement s'adjoindre, dans le jugement, à l'objet auquel le simple jeu des représentations l'a préalablement associé. On pourrait analyser davantage cette attitude mentale. Mais il nous suffit. Ici encore, l'esprit humain suit simplement sa pente innée...

V

Le point de vue que nous venons d'indiquer n'a pas seulement l'avantage de grouper les faits d'observation sans postuler autre chose que des lois primordiales de l'esprit, il s'harmonise encore en perfection avec les principes d'une psychologie plus générale. On nous permettra ici d'être bref et d'espérer que le lecteur nous comprendra à demi-mot.

Le sentiment empirique de présence, la perception d'une réalité spatialisée, est un cas particulier d'*intuition* — le seul cas d'ailleurs que nous possédions dans notre expérience ordinaire.

L'intuition — définie d'une manière absolument générale — est l'assimilation directe d'une faculté connaissante avec son objet. Toute connaissance est en quelque façon une assimilation : l'intuition est une connaissance immédiate, sans intermédiaire objectivement interposé; c'est l'acte par lequel la faculté connaissante se modèle, non pas sur une similitude abstraite de l'objet, mais sur l'objet lui-même ; c'est, si l'on veut, la coïncidence stricte, la ligne de contact commune du sujet connaissant et de l'objet, leur compénétration aussi intime qu'il est possible sans supprimer leur individualité.

On peut dire que toute faculté connaissante est naturellement intuitive, c'est-à-dire que son mouvement propre, son acte, va de soi à l'assimilation. Mais il y a intuition et intuition. Si l'on morcelle l'acte un et total

de « connaître » en facultés partielles, en pouvoirs cognitifs limités — et, en psychologie humaine, force est bien de se résigner à ce morcelage — le concept supérieur d'intuition, qui résulte de l'analyse de la connaissance comme telle, devra subir lui aussi, pour s'appliquer encore aux actes partiels, des dégradations et restrictions correspondantes : enserré dans des déterminations contingentes, il se muera en une série d'expressions diminuées et analogiques de lui-même. Un mode inférieur de connaissance ne pourra pas être *intuitif* au même titre qu'une connaissance plus parfaite.

Au bas de l'échelle des connaissances, se développe l'*intuition sensible*. Si l'on entend cette expression au sens d'une opération exclusive de la sensibilité, elle n'implique qu'une assimilation très imparfaite du sujet et de l'objet. Le sujet en tant que sensitif et l'objet en tant que sensible sont quantitatifs et étendus : ils resteront spatialement extérieurs l'un à l'autre. Puis, le terme atteint par la sensibilité n'étant point l'*être en soi* des choses ou des qualités de ces choses, mais uniquement l'aspect relatif et phénoménal de ces qualités, l'assimilation active qu'est la connaissance ne portera pas ici, à proprement parler, sur un *objet* — ce qui ferait du « sens » une faculté métaphysique — mais sur quelque chose qui tient à la fois de l'objet et du sujet. Les scolastiques disaient que l'être d'une chose, l'objet proprement dit, n'est qu'un « sensibile per accidens », c'est-à-dire n'est atteint que par une faculté autre que le sens, mais coordonnée aux opérations de celui-ci. *Être*, *objet*, *sujet* étant des notions totalement étrangères à la sensibilité, l'intuition sensible ne sera donc autre chose — dans l'ordre de la connaissance — que la coïncidence même du sens et de l'objet en une « configuration » coétendue à l'un et à l'autre. De la sorte la connaissance sensible met réellement le sujet au contact de son objet, « terminatur ad objectum » : ce

rectangle blanc, sur lequel court ma plume, c'est, *au point de vue cognitif*, tout à la fois le contenu de ma sensation et l'extérieur de ma feuille de papier : point d'intermédiaire interposé. Mais puisque le « sens » laissé à lui-même n'atteint des choses que cette configuration, ce modelage, qui leur est commun avec lui, son acte propre ne changera pas, qu'il subsiste ou non un objet réel et distinct sur la face externe de ce modelage ; or — les scolastiques l'ont admis depuis longtemps — ce modelage de la faculté sensible peut persister après disparition de l'objet, ou même, exceptionnellement, résulter de l'action équivalente d'autres causes.

Le sens met le sujet *en contact avec du réel* mais *ne discerne pas, par soi-même, le réel*. La critique de la donnée sensible et la perception proprement dite du réel ressortissent à une faculté supérieure, la faculté de l' « être », l'*intelligence*. Or, l'exercice purement psychologique de cette faculté chez l'homme offre un spectacle de prime abord déroutant. La matière prochaine sur laquelle s'exerce l'activité intellectuelle est constituée tout entière par les données de la sensibilité, par des éléments essentiellement relatifs donc; d'autre part, l'acte intellectuel est une affirmation absolue de quelque chose qui dépasse le phénomène sensible ; mais ce quelque chose n'est affirmé qu'*en fonction* du phénomène sensible, n'est atteint par l'intelligence que *dans* ce phénomène sensible. L'acte intellectuel, considéré isolément et dans les conditions présentes de son exercice, est donc constructif, synthétique, mais non *pas strictement intuitif :* il réédifie, sur la face interne du modelé phénoménal, l'unité supra-phénoménale qui en est le soutien externe et objectif ; en d'autres termes il retrouve, dans l'apparence sensible, l'*être* absolu de l'objet qui la sous-tend.

Et telle est la réaction spontanée de l'intelligence

humaine sur la donnée sensible : ce premier mouvement est une affirmation absolue et inconditionnée d'*être*, un *jugement de réalité* au sens illimité du mot. A l'unité encore multiple de l'espace, dans laquelle s'étaient rencontrés l'objet et le sens, l'intelligence superpose sans restriction et sans défiance l'unité supérieure et transcendante de l'être ; une fois déclanchée par le signe phénoménal, d'emblée elle va jusqu'au bout de sa course et pose cet « Absolu », cette « Unité » qui est à la fois son mobile et sa fin. Mais il en est de l'intelligence comme de l'enfant dont la conscience vient à peine de s'éveiller : elle doit apprendre, à l'école des désillusions successives, l'art de douter et de ménager ses adhésions. Elle doit apprendre que l'affirmation d'*être*, qui exprime son mouvement interne, dépasse infiniment en portée le fragment de réalité accroché aux présentations sensibles isolées.

Nous avons vu comment se fait cette éducation du pouvoir d'affirmer ; elle repose tout entière sur ces deux lois fondamentales de la pensée : le mouvement primitif et naturel de l'esprit est d'affirmer l'être ; — ce mouvement est arrêté net par la contradiction logique et suspendu par la possibilité entrevue de la contradiction.

Et si l'on voulait chercher la raison profonde de ces lois, peut-être trouverait-on ceci : que l'intelligence humaine n'est pas un simple miroir reflétant passivement les objets qui passent à sa portée, mais qu'elle est une activité, orientée dans son fond le plus intime vers un terme bien défini, le seul qui puisse l'absorber complètement, vers l'Être absolu, le Vrai absolu. L'Absolu a mis sa marque sur la tendance foncière de notre intelligence ; aussi bien cette tendance dépasse-t-elle constamment les intellections particulières : l'esprit, par son dynamisme interne, est chassé d'intellection en intellection, d'objet en objet ; mais tant qu'il gravite

dans la sphère du fini, en vain s'efforce-t-il d'égaler son mouvement interne, de se reposer dans la plénitude de son acte, d'affirmer l'*être* purement et simplement. Et cette dénivellation, cette disproportion de la tendance et de l'objet actuel est la condition même du *raisonnement*, le stimulant de cette « curiosité » toujours insatisfaite, dans laquelle les anciens Scolastiques avaient bien remarqué le principe de toute spéculation.

L'esprit humain est donc *une faculté en quête de son intuition*, c'est-à-dire de l'assimilation avec l'*être*, avec l'être pur et simple, souverainement *un*, sans restriction, sans distinction d'essence et d'existence, de possible et de réel (1). Mais ici-bas, au lieu de l'*Un*, il rencontre le *multiple*, le *fragmentaire*. Or, dans l'ordre de la vérité, la multiplicité non réduite des objets suspend l'affirmation et engendre le doute, de même que, dans l'ordre du vouloir, la multiplicité non réduite des fins engendre l'indifférence et suspend l'action. Devant un objet unique, dont rien ne manifesterait la finitude et la multiplicité au moins potentielle, l'intelligence, nous l'avons dit, ne pourrait qu'émettre une affirmation absolue de réalité ; mais qu'apparaisse la multiplicité, il faudra d'abord la réduire pour pouvoir en affirmer les éléments ; et si la réduction ne se fait que par coordination, ceux-ci ne participeront de la réalité affirmée *que dans la mesure* où ils participent à la totalité unifiée dont ils font partie. L'affirmation de réalité n'est

(1) Ceci, avec toutes les conséquences qui en découlent, est l'enseignement authentique de S. Thomas. (Cf. par ex. *Summa contra Gentes*. Lib. III, cap. 37 ad 63). Les chapitres 37 à 40, 50 à 53 sont particulièrement significatifs au point de vue qui nous occupe. Si leur interprétation laissait quelque doute en l'esprit, nous renverrions au Commentaire de François de Ferrare (S. Thomae Aquin., Doct. aug., O. P. *De veritate cathol. fidei contra gentiles, cum commentariis* Fis Francisci de Sylvestris, Ferrariensis. Parisiis 1643). Nous jugeons superflu d'accumuler ici les références, d'autant plus que la nature de l'intellection dans la philosophie thomiste a été mise en brillante lumière dans un livre récent, auquel nous ne pouvons mieux faire que renvoyer nos lecteurs : P. Rousselot, *L'Intellectualisme de S. Thomas*. Paris, 1908.

donc autre chose que l'expression de la tendance foncière de l'esprit à s'unifier dans et avec l'Absolu : cette affirmation n'aurait sa pleine valeur que dans l'intuition directe de l'Absolu ; elle garde cependant une valeur diminuée et analogique dans son application à tout objet qui met en branle l'activité de l'esprit et se laisse coordonner à la totalité des objets déjà affirmés : les objets sont réels de la façon et dans la mesure où ils convergent vers l'unité *totale* de l'esprit, ou plutôt, les objets ne sont irréels que de la façon et dans la mesure où ils en divergent.

Nous avons dit plus haut — et il est peut-être bon de le rappeler ici — que le phénoménisme, méconnaissant la nature active de l'esprit et sa « polarisation » transcendante, échoue à refaire la synthèse de la « croyance » au réel. Mieux inspirée fut la psychologie thomiste, en cherchant au fond même de l'esprit l'élément actif essentiel à cette croyance.

Il nous reste maintenant, pour clore cet article, à *esquisser* quelques applications des remarques qui précèdent à l'*expérience mystique*.

(A suivre). J. M., S. J.

VARIÉTÉ

LE MOUVEMENT BROWNIEN

L'étude du mouvement brownien a été reprise récemment par plusieurs physiciens : ils cherchent une vérification quantitative de l'explication thermodynamique, purement qualitative, qu'on en a donnée jusqu'ici (1). Notre intention n'est pas d'analyser ces travaux, sur lesquels nous aurons peut-être l'occasion de revenir. Nous voulons simplement rappeler l'attention sur les observations et les vues théoriques qui en sont le point de départ.

« Le très grand intérêt théorique présenté par les phénomènes du mouvement brownien, écrit M. P. Langevin, a été signalé par M. Gouy (2) : on doit à ce physicien d'avoir formulé nettement l'hypothèse qui voit dans ce mouvement continuel des particules en suspension dans un fluide un écho de l'agitation thermique moléculaire, et de l'avoir justifiée expérimentalement, au moins de manière qualitative, en montrant la parfaite permanence du mouvement brownien et son indifférence aux actions extérieures lorsque celles-ci ne modifient pas la température du milieu (3). »

(1) A. Einstein, Ann. d. Physik, 4e série, t. XVII, 1905, p. 549; t. XIX, 1906, p. 371. — von Smoluchowski, Ann. d. Physik, 4e série, t. XXI, 1906, p. 756. — T. Svedberg, *Studien zur Lehre von den kolloïden Lösungen*. Upsala, 1907. — P. Langevin, Comptes rendus de l'Académ. des Sciences, t. CXLVI, 1908, p. 530. — Jean Perrin, Ibid., t. CXLVI, 1908, p. 967. — Victor Henri, Ibid., t. CXLVI, p. 1024 et t. CXLVII, 1908, p. 62. — Jacques Duclaux, Ibid., t. CXLVII, 1908, p. 131. — Jean Perrin, Ibid., t. CXLVII, 1908, p. 475. — Chaudesaigues, Ibid. t. CXLVII, 1908, p. 1044. Voir aussi, dans la Revue du Mois : Jean Perrin, *La Discontinuité de la matière*. t. I, p. 323, 10 mars 1906; Ibid., Jean Perrin, *Peut-on peser un atome avec précision ?* t. III, p. 513, 10 novembre 1908.

(2) Gouy, Journal de Physique, 2e série, t. VII, 1888, p. 561 ; Comptes rendus, t. CIX, 1889, p. 102.

(3) P. Langevin, Comptes rendus, t. CXLVI, 1908, p. 530.

« Toute particule située dans un liquide *en équilibre*, dit M. J. Perrin, s'agite de façon continuelle et parfaitement irrégulière, d'autant plus vivement qu'elle est plus petite (mouvement brownien). On doit à M. Gouy d'avoir montré que cette agitation éternelle est une propriété essentielle des fluides et d'en avoir proposé une explication très séduisante en supposant qu'elle est une conséquence déjà visible des chocs moléculaires qui se produisent irrégulièrement contre la particule (1). »

Ces renseignements sont incomplets. Certes, les observations et l'interprétation du mouvement brownien dues à M. Gouy doivent être citées et nous ne songeons nullement à en amoindrir la valeur. Mais il en existe d'autres, antérieures de plusieurs années, que M. Gouy a ignorées et qui sont trop semblables aux siennes pour ne pas mériter aussi d'être rappelées. C'est ce que nous ferons, après avoir reproduit en entier les deux articles du savant physicien français auxquels renvoient MM. Langevin et Perrin (2).

Voici le premier ; il est intitulé *Note sur le mouvement brownien,* et a été publié dans la livraison de *décembre 1888* du Journal de Physique.

« 1. On sait que des particules très petites, en suspension dans un liquide, sont animées d'un mouvement caractéristique, qu'on nomme *mouvement brownien,* du nom du botaniste Brown qui l'a signalé le premier (1827). Ce phénomène très familier aux micrographes, ne paraît pas avoir attiré, autant qu'il le mérite, l'attention des physiciens. Je me propose d'indiquer brièvement ses caractères essentiels, et de montrer combien son étude présente d'intérêt au point de vue de la Physique générale.

» Ce mouvement se produit toutes les fois que des particules solides, organiques ou autres, se maintiennent en suspension dans un liquide, sans se déposer sur les parois ou s'agréger en flocons. On l'observe aisément avec de la gomme-gutte ou de l'encre de Chine delayée dans de l'eau. La goutte d'eau étant recouverte d'une lamelle, on clôt la préparation avec la paraffine,

(1) J. Perrin, Comptes rendus, t. CXLVI, 1908, pp. 967-968.

(2) M. Gouy a repris plus tard l'exposé des faits et des vues théoriques groupés dans ces deux notes, sans y rien ajouter d'essentiel, dans son discours prononcé à la séance de rentrée de l'Université de Lyon, le 3 novembre 1894, et publié sous ce titre *Le mouvement brownien et les mouvements moléculaires*, dans la Revue Générale des Sciences, t. VI, n° 1, 15 janvier 1895, pp. 1-7.

pour éviter l'évaporation et les courants liquides qui en résulteraient. L'observation peut se faire avec un objectif à sec et un grossissement d'au moins 500 diamètres; mais pour une étude détaillée, un bon objectif à immersion est préférable.

» 2. Dans ces conditions, si les particules sont nombreuses, on voit que tout est en mouvement dans le champ du microscope : c'est une sorte de fourmillement ou de trépidation générale, qui forme un spectacle des plus frappants. Chaque particule paraît se mouvoir indépendamment de ses voisines. Mais pour une étude détaillée, il convient qu'elles soient assez rares pour qu'on puisse les suivre isolément.

» Chaque particule éprouve une suite de déplacements assez difficiles à décrire, parce qu'ils sont essentiellement irréguliers. Ces déplacements se produisent indifféremment dans tous les sens, et, si la particule présente par sa forme quelque point de repère, on constate aussi qu'elle tourne sur elle-même irrégulièrement. Le mot *trépidation* est celui qui donne l'idée la plus nette des apparences observées; mais il ne s'agit pas d'une trépidation sur place, et la particule peut, avec le temps, parcourir un chemin assez considérable, comme elle peut s'éloigner à peine de sa position initiale. Tout se passe, en un mot, comme si elle était soumise à une suite d'impulsions absolument fortuites, orientées dans tous les sens indifféremment.

» Le mouvement est d'autant plus vif que les particules sont plus petites; il est surtout très marqué pour des dimensions inférieures à $0^{mm},001$, et se montre alors si rapide que l'œil a peine à le suivre, mais il est encore sensible pour des dimensions bien plus grandes. Il augmente manifestement avec la température, et varie suivant la nature du liquide; l'eau pure paraît le montrer avec le plus d'intensité (1). »

(1) « D'après M. Stanley Jevons, $\frac{1}{1000}$ d'acide sulfureux dans l'eau suffit à l'arrêter d'une manière presque absolue. » (Note de M. Gouy). — L'article du Prof. W. Stanley Jevons, d'où ce renseignement est tiré, contient de très intéressantes recherches sur le mouvement brownien. Il a pour titre *On the movement of microscopic particles suspended in liquids*, et a paru dans le QUARTERLY JOURNAL OF SCIENCE (London, april, 1878).

M. Victor Henri a montré récemment (COMPTES RENDUS, t. CXLVII, 4908, p. 62), en opérant avec le latex de caoutchouc, que les mouvements browniens « sont ralentis par l'addition d'un agent coagulant avant le phénomène de coagulation. En présence d'alcali, ces mouvements sont deux fois plus lents, et en présence d'acide ils sont neuf fois plus faibles que dans l'eau distillée... Je me suis demandé si ce ralentissement des mouvements brow-

« De très petites bulles gazeuses dans un liquide montrent aussi le même phénomène (1). »

« 3. Je ne crois pas qu'après une observation attentive on puisse mettre en doute qu'il s'agit là, non d'effets accidentels dus aux courants, aux vibrations ou aux différences de température, mais bien d'un phénomène normal, se produisant à température constante et dû à la constitution des liquides. En effet, le phénomène paraît absolument régulier dans son ensemble ; il se montre *toujours*, tant que les particules restent en suspension, et persiste indéfiniment lorsqu'elles sont assez ténues pour ne

niens, qui se produit avant la coagulation, n'était pas dû à des variations d'électrisation des granules produites par les ions H ou OH ; pour examiner cette question, j'ai fait des cinématographies de latex additionné d'alcool. Dans ce cas, on trouve avant la coagulation un ralentissement tout aussi intense que celui obtenu avec l'acide. Enfin, l'addition d'un corps comme l'urée qui ne coagule pas le latex ne change pas le mouvement brownien.

» Il semble que l'on doive chercher l'explication de ces phénomènes dans l'absorption de l'agent coagulant par les granules du latex ; en effet des mesures d'absorption m'ont montré que ces granules absorbent un peu les alcalis et qu'ils absorbent très fortement les acides ; il se formerait donc autour de chaque granule une zone d'absorption contenant des molécules de l'agent coagulant, qui sont retenues par le granule, et c'est cette liaison entre les granules et le coagulation qui produirait le ralentissement des mouvements browniens. »

(1) « Dans le cas des bulles gazeuses, ce phénomène, que je n'ai pas eu l'occasion d'observer, a été souvent aperçu par les minéralogistes dans les inclusions liquides que contiennent certains minéraux. Voici ce que dit, à ce sujet, M. de Lapparent dans son *Traité de Géologie*, p. 549 :

« La bulle mobile ou *libelle* est le caractère distinctif des inclusions » liquides... : toutes les fois que la dimension des libelles est inférieure à » $0^{mm}002$, on observe qu'elles sont sujettes à une trépidation constante, tout » à fait semblable à ces mouvements de corpuscules dits *mouvements brow-* » *niens*. La trépidation des libelles se montre complètement indépendante » des circonstances extérieures, telles que la stabilité plus ou moins grande » du support et la variation de température ; la cause doit en être cherchée » dans un phénomène d'ordre plus intime... »

« L'auteur (M. de Lapparent) expose ensuite brièvement une explication proposée par les PP. Carbonnelli et Thirion (REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, Bruxelles, 1880) qui est fondée sur l'échange incessant entre les molécules qui reprennent l'état liquide et celles qui se résolvent en vapeur. Cette explication ne paraît pas pouvoir s'appliquer aux particules solides ou liquides. » (Note de M. Gouy).

L'explication à laquelle M. Gouy fait allusion, d'après de Lapparent, revient au seul P. Carbonnelle (et non Carbonnelli) ; je m'en expliquerai plus loin, en reproduisant cette explication du mouvement des libelles — la seule qu'ait résumée de Lapparent — et celle du mouvement des particules solides ou liquides, que contient le même article ; de Lapparent n'a rien dit de celle-ci, et M. Gouy l'a ignorée.

pas se déposer. D'autre part, l'existence du même mouvement pour les mêmes particules gazeuses, liquides ou solides montre évidemment que ces bulles ou ces particules ne jouent pas un rôle essentiel dans le mouvement, mais mettent seulement en évidence l'agitation interne du liquide. Le mouvement brownien nous montre donc, non pas assurément les mouvements des molécules, mais quelque chose qui y tient de fort près (1), et nous fournit une preuve directe et visible de l'exactitude des hypothèses actuelles sur la nature de la chaleur. Si l'on adopte ces vues, le phénomène, dont l'étude est loin d'être terminée, prend assurément une importance de premier ordre pour la physique moléculaire.

» 4. Le mouvement brownien présente un grand intérêt à un autre point de vue. Quelque idée qu'on se fasse de la cause qui le produit, il n'est pas moins certain que du travail est dépensé, par instants, sur ces particules, et on peut concevoir un mécanisme par lequel une portion de ce travail deviendrait disponible. Imaginons, par exemple, qu'une de ces particules solides soit suspendue, par un fil d'un diamètre très petit par rapport au sien, à une roue à rochet très légère ; les impulsions dans un certain sens feront tourner la roue, et nous pourrons recueillir du travail. Ce mécanisme est évidemment irréalisable, mais on ne voit pas de raison théorique qui pût l'empêcher de fonctionner. Du travail serait ainsi produit aux dépens de la chaleur du milieu ambiant, et en opposition avec le principe de Carnot. Il semble donc qu'on puisse préciser ainsi le sens des réserves faites à ce principe par Helmholtz, dans le cas des tissus vivants (2) ; ce principe serait seulement exact pour les méca-

(1) « Je n'entends pas dire par là que le mouvement brownien est produit directement par les mouvements non coordonnés des molécules, qu'on regarde souvent comme constituant le mouvement calorifique. Il semble en effet que, dans cette hypothèse, il ne devrait se produire que pour des particules beaucoup plus petites et comparables aux intervalles moléculaires. Mais on peut concevoir que les mouvements moléculaires dans les liquides soient en partie coordonnés, pour des espaces comparables à 1 micron, sans cesser d'être entièrement indépendants pour des distances plus grandes et bien inférieures aux dimensions des appareils que nous pouvons réaliser. L'existence du mouvement brownien paraît montrer qu'il se passe en réalité quelque chose d'analogue. » (Note de M. Gouy).

(2) « Helmholtz, *Sur la thermodynamique des théorèmes chimiques* (Académie de Berlin, 1882). Traduit par M. G. Chaperon dans le JOURNAL DE PHYSIQUE, 1884 ». (Note de M. Gouy).

nismes grossiers que nous savons réaliser, et cesserait d'être applicable lorsque l'organe *récepteur* aurait des dimensions comparables à 1 micron (1). »

Dans sa note *Sur le mouvement brownien*, publiée dans les Comptes rendus (t. CIX, 1889, p. 102), M. Gouy ajoute d'intéressants détails sur ses expériences.

« On sait, dit-il, que les particules très petites, en suspension dans l'eau, se montrent animées du *mouvement brownien*, sorte de trépidation constante et caractéristique. Ce phénomène ne paraît guère avoir attiré l'attention des physiciens qui admettent avec Maxwell que, « soumis aux plus puissants microscopes, les corps ne montrent que le plus parfait repos », malgré les mouvements moléculaires qu'on suppose y exister. Cela revient à dire que le mouvement brownien est un accident produit par quelque cause d'agitation extérieure.

» J'ai été amené à observer ce phénomène dans des conditions très variées et avec des liquides et des particules de natures diverses. Le point essentiel, dans cette recherche, consiste à ne pas confondre les particules en suspension avec celles qui sont déposées sur les parois de verre qui limitent le même liquide, ces dernières étant en général adhérentes et immobiles (2). On évite toute difficulté en faisant usage de cellules de $0^{mm},1$ et $0^{mm},2$ d'épaisseur, qui permettent de distinguer aisément les divers plans de la couche liquide ; il est bon de les fermer au moyen d'un vernis convenable, pour éviter l'évaporation.

» Les observations ont été faites avec des particules minérales ou organiques, solides ou liquides, en suspension dans des liquides variés, eau, solutions aqueuses, acides, alcools, éthers, carbures d'hydrogène, essences, etc. Le mouvement brownien

(1) « **Bibliographie.** R. Brown, *A brief account of microscopical observations ;* 1827. Philosophical Magazine ; 1829. Bibliothèque universelle de Genève ; 1829. Annales des Sciences naturelles ; 1828 et 1830. — Marx, *Sur les mouvements des molécules.* Bibliothèque universelle de Genève ; 1831. — Dujardin, *Observat. au microscope*, chap. III ; 1842. — Robin, *Traité de microscope*, 2e édition, chap. III ; 1877. — Stanley Jevons, *Mouvements des particules microscopiques suspendues dans l'eau* (Revue internationale des Sciences), t. I, p. 784. — A. de Lapparent, *Traité de Géologie* et *Traité de Minéralogie* ». (Note de M. Gouy).

(2) « Certaines particules (gomme gutte), même déposées, n'adhèrent pas à la paroi, et montrent dans ces conditions le mouvement brownien. Ce fait mérite d'être noté, car il établit que le phénomène n'est pas dû à la chute des particules dans le liquide. » (Note de M. Gouy).

s'est toujours montré avec les mêmes caractères que dans l'eau pure (1). Les liquides d'une faible viscosité se comportent sensiblement comme l'eau ; les liquides d'une viscosité plus grande montrent un mouvement plus faible ; les liquides sirupeux (huiles, glycérine, acide sulfurique) ne montrent qu'un mouvement très affaibli, bien qu'encore appréciable. D'autres observations ont été faites sur les bulles gazeuses que renferment les inclusions liquides fréquentes dans certains quartz, et qui sont animées d'un mouvement tout à fait comparable à celui des particules solides ou liquides.

» Le mouvement brownien est donc un phénomène général, d'autant plus sensible que la viscosité du liquide est plus petite. Le point le plus important est la régularité du phénomène : des milliers de particules ont été examinées, et, *dans aucun cas*, on n'a vu une particule en suspension qui n'offrît pas le mouvement habituel, avec son intensité ordinaire, eu égard à la grosseur de la particule.

» Ce fait suffirait à nous montrer que le phénomène n'est pas dû à une cause extérieure et accidentelle, qui devrait agir avec une intensité très différente suivant les circonstances. Des expériences spéciales ont été disposées pour étudier de plus près cette question :

» 1° Pour éviter les vibrations extérieures, l'appareil a été installé dans un sous-sol éloigné de toute cause d'agitation, et dans des conditions où un bain de mercure, jouant le rôle de plan optique, montre presque toujours un repos complet. Non seulement le mouvement brownien persiste, mais encore il se montre avec son intensité habituelle.

» 2° Pour éviter les variations de température, la préparation est plongée dans une auge pleine d'eau, et l'on fait usage d'un objectif à immersion. Il semble évident que par ce dispositif on devra, au moins de temps à autre, réussir à obtenir une température uniforme ; or le phénomène se montre constamment avec son intensité ordinaire. J'ajouterai que les vibrations et les courants dus aux différences de température produisent des

(1) « Certains acides ou sels dissous dans l'eau passent pour arrêter le mouvement brownien. C'est là une illusion facile à reconnaître. Ces corps jouissent de la propriété singulière de faire agréger en flocons les particules en suspension, qui se déposent aussitôt. Mais les rares particules qui restent isolées et en suspension s'agitent comme dans l'eau pure ; avec les corps qui ne forment jamais de flocons (gomme gutte), tout se passe absolument comme dans l'eau pure. » (Note de M. Gouy).

mouvements d'ensemble, communs à toutes les particules voisines, qui ne ressemblent en rien à l'agitation *individuelle* qui constitue le mouvement brownien.

» 3° On peut se demander si la lumière qui traverse le liquide pour l'observation ne serait pas la cause du mouvement ; celui-ci devrait alors dépendre de la qualité et de l'intensité de cette lumière. L'expérience montre que le phénomène persiste sans variation appréciable, soit en arrêtant les rayons calorifiques obscurs, soit en employant la lumière spéciale d'une couleur quelconque. L'expérience suivante paraît encore plus démonstrative.

» Une double lame a été préparée, formée d'un verre vert et d'un verre rouge superposés ; l'ensemble a une transparence maximum pour les rayons jaunes, où elle est d'environ $\frac{1}{1000}$. On fait usage des rayons solaires, en plaçant la double lame, soit devant le microscope, soit sur l'oculaire. Dans les deux cas, l'observation se fait dans des conditions identiques ; mais, dans le second, le liquide est traversé par des rayons d'une intensité au moins mille fois plus grande. Or l'observation, souvent répétée avec tout le soin possible, n'a jamais montré une différence appréciable ; la lumière ne joue donc aucun rôle sensible dans le mouvement brownien.

» 4° Enfin, on pourrait penser au champ magnétique terrestre, mais rien n'est changé dans le champ d'un fort électro-aimant (1).

» Ces observations, qu'il est facile de contrôler, paraissent établir comme faits d'expérience et en dehors de toute idée théorique : *1° que le mouvement brownien se produit avec des particules quelconques, avec une intensité d'autant moindre que le liquide est plus visqueux et les particules plus grosses ; 2° que ce phénomène est parfaitement régulier, se produit à température constante et en l'absence de toute cause de mouvement extérieur.*

» On doit remarquer que les particules de même grosseur, mais de nature diverse, solides, liquides ou gazeuses, sont animées de mouvements peu différents. Ce fait montre évidemment que la cause du phénomène doit être cherchée, non dans ces

(1) « Le passage d'un courant électrique ne m'a paru produire aucune variation. Le seul agent qui influence le mouvement brownien est la chaleur ; à la température de 60° ou 70°, il est un peu plus sensible qu'aux températures ordinaires. » (Note de M. Gouy.)

particules, mais dans le liquide lui-même, les particules servant surtout à rendre visible l'agitation interne du liquide qui les entraîne. Enfin l'un des caractères essentiels du mouvement brownien est son accroissement rapide quand la grosseur des particules diminue ; à la limite de visibilité, il est très rapide et bien plus vif que pour les particules d'une grosseur de 1 micron. Il est donc manifeste que, en raison de l'insuffisance des procédés optiques, nous ne voyons que la limite extrême du phénomène.

« Ainsi *le mouvement brownien, seul de tous les phénomènes physiques, nous veut visible un état constant d'agitation interne des corps, en l'absence de toute cause extérieure.* On ne peut guère éviter de rapprocher ce fait des hypothèses cinétiques actuelles, et d'y voir une résultante affaiblie et lointaine des mouvements moléculaires calorifiques. On doit remarquer que, dans ce phénomène, les vitesses peuvent être estimées à quelques microns par seconde, soit environ $\frac{1}{100\,000\,000}$ des vitesses qu'on est conduit à admettre dans les mouvements moléculaires, ce qui répond peut-être à l'objection qu'on pourrait tirer de la loi des grands nombres, en considérant l'extrême petitesse des molécules. »

Ces expériences sont de tout point excellentes et l'interprétation que leur donne M. Gouy n'a pas été remplacée jusqu'ici. Mais nous l'avons dit, et nous allons en fournir la preuve, le savant physicien a été — à son insu — précédé dans cette voie.

Le 6 juin 1877, le P. Delsaulx présentait à la *Royal microscopical Society*, une note intitulée : *Thermodynamic origin of the Brownian motions*. Nous reproduirons le résumé que l'auteur lui-même en a donné dans cette Revue (1).

« Les trépidations des petits corpuscules solides en suspension dans les liquides, signalées pour la première fois par Robert Brown, ont été observées depuis dans les bulles gazeuses de faible diamètre, dans les granulations des liquides visqueux et dans les libelles vaporeuses des enclaves du quartz ; de sorte qu'elles forment véritablement un phénomène général pour tout corpuscule en suspension au sein d'un liquide. Il est dès lors naturel de rattacher un phénomène ayant cette universalité à quelque propriété générale de la matière.

(1) Revue des Questions scientifiques, t. II, juillet 1877, p. 319.

» Il a semblé à l'auteur de ce bulletin que, dans cet ordre d'idées, les mouvements intestins de translation qui constituent l'état calorifique des gaz, des vapeurs et des liquides pouvaient très bien rendre raison des faits constatés par l'expérience. Dans une bulle gazeuse, par exemple, des pressions intérieures inégales, d'intensité finie, exercées au même instant sur les différents points de l'enveloppe liquide, et dont la résultante, ou pour parler plus exactement, certaines valeurs maxima de la force résultante changeraient de sens après des intervalles de temps très courts, mais appréciables, suffiraient certainement à expliquer le phénomène des mouvements browniens. Or la théorie dynamique des gaz actuellement reçue nous force à admettre, dans les petites bulles, de telles pressions et de telles résultantes.

» En effet, l'égalité des pressions normales qu'une masse de gaz exerce sur les différents points de son enveloppe et ce qu'on appelle aujourd'hui, dans la théorie du mouvement du radiomètre, la communication intégrale des pressions au sein de la masse, sont des phénomènes corrélatifs dépendant d'une même condition physique. Tous deux exigent pour se produire que les dimensions du vase soient incomparablement plus grandes que la longueur moyenne du trajet des molécules entre deux chocs consécutifs. Les expériences de M. Crookes et de M. Finkener sur le radiomètre nous ont fait connaître les valeurs du rapport des dimensions du vase au trajet moyen des molécules pour lesquelles la communication intégrale des pressions cesse à l'intérieur de la masse gazeuse ; l'égalité des pressions sur les parois du vase ou sur l'enveloppe cesse donc en même temps. Dans les petites bulles soumises aux mouvements browniens, la valeur du rapport dont il est ici question peut être évaluée très facilement à l'aide de mesures micrométriques. Les résultats fournis par le microscope concordent parfaitement avec ceux des recherches radiométriques.

» Au reste voici, sur ce sujet, quelques chiffres qui me paraissent de nature à lever tous les doutes.

» A la pression normale et à la température 0°, une bulle d'air ayant un diamètre de $\frac{1}{500}$ de millimètre renferme environ 16×10^6 molécules. En admettant que ces molécules gazeuses viennent rencontrer la surface de la bulle en même temps, on obtiendra 1600 chocs, suivant les diverses directions, pour chaque 10 000e de la surface. A la pression de la vapeur renfer-

mée dans les libelles du quartz, le nombre des chocs se réduirait à 35. Les vitesses des molécules peuvent différer notablement entre elles, attendu que la vitesse moyenne seule est déterminée par la température. Cette vitesse moyenne est, pour l'air à 0°, de 485 mètres à la seconde. De plus, le temps pendant lequel le changement de sens de la vitesse doit s'effectuer, sous l'action des ressorts moléculaires, ne peut être que fini. Dans ces conditions, eu égard au peu d'amplitude et à la rapidité des trépidations dont il s'agit de rendre raison, il est impossible de ne pas voir dans les nombres qui précèdent une démonstration de la probabilité de l'idée théorique signalée plus haut.

» Dans la note que j'ai présentée à la Société Royale de microscopie de Londres, j'ai montré en outre que l'explication des mouvements browniens des bulles de gaz peut s'appliquer également aux mouvements des libelles vaporeuses des enclaves du quartz.

» Quant aux mouvements browniens des particules solides et des granulations des liquides visqueux, ils seraient, dans ma manière de considérer le phénomène, le résultat des mouvements moléculaires calorifiques du liquide ambiant, notamment des mouvements de translation que, dans la théorie thermodynamique, les molécules des liquides possèdent, à un degré moins élevé que celles des gaz. De même que M. Clausius croit pouvoir rendre raison de la vaporisation, soit superficielle, soit intérieure dans les liquides, par la force d'entraînement « qu'un concours favorable des mouvements de translation, d'oscillation et de rotation » des molécules détermine à la surface ou dans la masse ; de même j'ai cru pouvoir faire dépendre de la même cause s'exerçant à la surface des corpuscules browniens, en des points séparés par des intervalles finis, les trépidations mystérieuses qui préoccupent en ce moment les hommes de science. Dans l'explication que je propose, les mouvements browniens sont, comme on voit, une manifestation remarquable de la nature dynamique du calorique dans les liquides et dans les gaz.

» Je dois à la vérité de dire que j'ai été précédé dans cette voie d'explication par un des membres de la Société scientifique de Bruxelles. Aussi ai-je eu soin, dans la note présentée par moi à la Société de microscopie, d'exposer les vues de mon confrère, afin de mettre le lecteur à même d'apprécier plus exactement la part qui nous revient à l'un et à l'autre dans cette question. »

Ce confrère est le P. Carbonnelle, qui avait été amené, en 1874, à étudier le mouvement brownien à la suite de l'obser-

vation des libelles du quartz. Il rédigea à cette époque une note sur ses recherches et l'interprétation qu'il leur donnait. Cette note, non signée, était destinée à figurer dans un mémoire que publiaient alors deux géologues de ses amis ; elle fut de fait imprimée et communiquée en épreuves au P. Delsaulx ; mais — pour des raisons qu'il est inutile de rapporter ici — elle disparut du bon à tirer et resta inédite.

Plus tard le P. Carbonnelle voulut bien m'associer à ses recherches commencées en 1874 ; et, d'accord avec lui, je les publiai, en 1880, dans un article intitulé *Les mouvements moléculaires* (1) ; de Lapparent a pris de cet article ce qui l'intéressait, l'explication du *mouvement des libelles,* et M. Gouy ne l'a connu que par cet emprunt.

La première partie est consacrée aux mouvements des molécules gazeuses. Après avoir rappelé la théorie de la constitution des gaz, on y étudie la rotation du radiomètre et les phénomènes de la *matière radiante* que M. Crookes avait fait connaître, le 22 août 1879, au Congrès de l'Association britannique réuni à Sheffield. La seconde partie traite du *mouvement des libelles et du mouvement brownien* (pp. 39-55). En voici des extraits.

« Faisons maintenant pour les liquides ce que nous venons de faire pour les gaz, et disons comment on peut y constater expérimentalement les agitations que la thermodynamique nous oblige théoriquement à leur attribuer...

» D'après la théorie, les molécules liquides ne sont plus, comme dans les gaz, généralement indépendantes les unes des autres ; elles sont, au contraire, constamment soumises, pendant toute leur excursion, aux actions attractives des molécules voisines. Leurs trajectoires ne sont donc plus des lignes droites brisées, aux angles arrondis. On ne peut pourtant pas dire que leurs mouvements soient parfaitement vibratoires, comme pour les solides, où chaque molécule, toujours sous l'influence des mêmes voisines, oscille perpétuellement autour d'une même position moyenne. La molécule liquide peut souvent échapper au groupe dont elle faisait partie, mais alors elle tombe immédiatement sous l'action d'un autre groupe voisin. Grâce à cet échange d'individus, les groupes se déforment et se reforment sans cesse au sein des liquides, et c'est principalement à ce phénomène qu'est due leur consistance particulière. Pour comprendre la cause de ces pérégrinations de groupe en groupe, il

(1) Revue des Questions scientifiques, t. VII, janvier 1880, pp. 5-55.

fant savoir que, toujours d'après la théorie, les diverses molécules d'un même liquide ne sont pas animées de mouvements égaux ; l'agitation peut être beaucoup plus vive dans les unes que dans les autres. La valeur *moyenne* de leurs vitesses détermine la température du liquide, elle monte et descend avec cette température ; mais au-dessous et au-dessus de cette moyenne il y a de grandes inégalités. Les molécules qui, à un certain moment, sont animées des plus grandes vitesses, peuvent s'éloigner assez de celles qui les influençaient pour n'être plus rappelées par elles, et aller s'unir à quelque autre groupe. Là leurs mouvements pourront être fort différents de ce qu'ils étaient d'abord ; cependant si elles n'étaient pas près de la surface libre du liquide, ces mouvements resteraient dans la même catégorie générale, et les molécules seraient encore des molécules liquides.

» Mais près de la surface libre, les molécules animées des plus grandes vitesses, échappées à l'action de leurs voisines, peuvent souvent ne rentrer dans aucun autre groupe, en s'élevant au-dessus du liquide. Là elles constituent un gaz, ou, suivant l'expression reçue, une vapeur. C'est le phénomène de l'évaporation, et l'on voit que si l'espace est librement ouvert en-dessus du liquide, l'évaporation doit non seulement diminuer la masse de celui-ci, mais aussi en abaisser la température ; car les molécules qu'elle enlève sont animées de vitesses supérieures à la moyenne, et par suite leur départ abaisse cette moyenne qui est la mesure de la température. Si au contraire la vapeur a pour se loger un espace limité de toutes parts, il arrivera un moment où cet espace sera *saturé* et où la quantité de liquide et sa température resteront constants. On en voit aisément la raison. Les molécules de la vapeur, voyageant sur leurs trajectoires en zigzag, vont heurter les parois de leur prison ; l'une de ces parois est la surface du liquide, où elles ne peuvent arriver sans rentrer sous l'action de groupes qui les retiennent ; or ce que nous appelons la *saturation* arrive précisément au moment où la vapeur déjà formée est assez abondante pour rendre à chaque instant au liquide autant de molécules qu'elle en reçoit par l'évaporation. Ce n'est pas un repos, c'est un équilibre mobile, une compensation...

» Il y a donc, d'après ces principes, d'assez grandes inégalités entre les molécules ; l'agitation dans les unes peut être fort supérieure à la moyenne, tandis qu'elle peut lui être fort inférieure dans d'autres. De plus, toutes les directions sont admis-

sibles pour leurs excursions. Si nous pouvions voir tous les mouvements moléculaires qui doivent s'exécuter en quelques instants dans une goutte d'eau, ce spectacle produirait sur nous l'effet d'un incomparable désordre, d'un chaos qui n'aurait d'autre règle que l'irrégularité. Essayons d'apprécier les conséquences de cette irrégularité, en voyant ce qui doit se passer dans une petite région superficielle, par exemple dans un petit carré microscopique découpé par la pensée sur la surface libre du liquide. Il y aura des instants où ce petit carré renfermera beaucoup de molécules ayant de grandes vitesses dirigées vers l'extérieur ; le liquide alors perdra rapidement de sa masse en cet endroit. Mais il y aura aussi des instants où presque toutes les vitesses dirigées vers l'extérieur seront trop petites, et le liquide alors ne perdra presque rien. En d'autres termes, l'évaporation dans ce carré sera tantôt fort active et tantôt fort lente. C'est une conséquence de la théorie ; mais dans les conditions ordinaires, l'observation pourra-t-elle constater cette conséquence ? Non, parce qu'il y aura toujours dans le voisinage du carré considéré, d'autres carrés, dont les irrégularités compenseront les premières. C'est là un cas de la loi des grands nombres, loi qui a souvent pour effet de faire de l'ordre avec du désordre...

» Ce que nous disons de la surface libre, doit se dire également de toute autre surface considérée dans le liquide. Ainsi les parois du vase qui le contient, la surface d'un corps solide plongé dans son intérieur, sont fort inégalement bombardées par les molécules oscillantes ; mais ces inégalités se compensent toujours sur une portion quelque peu étendue de ces surfaces ; les chocs moléculaires, malgré leur irrégularité, semblent n'avoir pour effet que de leur appliquer une pression parfaitement uniforme, tout comme si le liquide était une masse immobile et continue. Cette pression est évidemment une moyenne entre toutes celles qui sont en réalité appliquées aux éléments infinitésimaux de la surface.

» Cependant, pour être masquée par la loi des grands nombres, l'irrégularité de l'évaporation ou de la pression n'en subsiste pas moins dans chaque portion suffisamment petite des surfaces considérées... Il devra donc suffire d'isoler des portions de plus en plus petites des surfaces d'évaporation ou de pression, pour arriver enfin à des étendues incapables d'assurer la compensation des irrégularités, et alors les effets de la discontinuité et de l'agitation thermodynamique du liquide devront se faire sentir...

Ainsi, d'après la théorie mécanique de la chaleur, toute particule de matière librement suspendue dans un liquide, doit osciller sans cesse, si elle est suffisamment petite. Une fois cette limite atteinte, les oscillations doivent être d'autant plus vives que les dimensions sont plus petites...

» Supposons d'abord un petit corps solide suspendu dans l'eau. Pour qu'on puisse le considérer comme soumis sur toute sa surface à une pression uniforme, il faut, d'après ce qui précède, que cette surface ait une certaine étendue. Dans ce cas, les chocs moléculaires du liquide, causes de la pression, ne produiront aucun ébranlement du corps suspendu, parce que leur ensemble sollicite ce corps également dans toutes les directions. Mais si la surface est inférieure à l'étendue capable d'assurer la compensation des irrégularités, il n'y a plus lieu de considérer la pression moyenne, il faut reconnaître des pressions inégales et continuellement variables de place en place, que la loi des grands nombres ne ramène plus à l'uniformité, et dont la résultante ne sera plus nulle, mais changera continuellement d'intensité et de direction... De plus, les inégalités deviendront de plus en plus apparentes à mesure que l'on supposera le corps plus petit, et par suite les oscillations deviendront en même temps de plus en plus vives.

» Si au lieu d'un corpuscule solide, on considère un globule visqueux ou huileux qui ne se mêle pas avec le liquide où il est suspendu, les mêmes raisonnements s'appliquent sans aucune modification...

» Enfin, si le corps librement suspendu dans le liquide est une bulle gazeuse (1), le théorème s'y applique également ; mais pour le démontrer, il ne suffit pas d'invoquer la pression produite par les chocs moléculaires, il faut recourir à la théorie donnée plus haut de l'évaporation. L'évaporation dans la sphérule suspendue se produit évidemment comme dans un espace limité de toutes parts et saturé. Tout le long de la surface sphérique, des molécules sortent du liquide et y rentrent ; cet échange n'est pas absolument uniforme, il varie de place en place, et en chaque endroit il varie d'instant en instant. Mais si la sphérule est assez grosse, la loi des grands nombres permettra, comme nous l'avons vu, de substituer une valeur moyenne constante à toutes ces valeurs variables... Au contraire, si les

(1) Sur les libelles, on peut consulter : Renard, *L'analyse microscopique des Roches et les enclaves des minéraux*. REVUE DES QUEST. SCIENT., t. I, janvier 1877, p. 191.

dimensions sont assez petites pour ne plus permettre l'emploi de la moyenne constante, il faudra tenir compte des inégalités de l'évaporation. Dans tel endroit le liquide gagnera plus qu'il ne perd, dans tel autre, il perd au même instant plus qu'il ne gagne. Il y aura un hémisphère dont la surface liquide avancera vers le centre de la sphérule, et un autre hémisphère où elle s'en éloignera, de sorte qu'en définitive l'ensemble de la bulle gazeuse se déplacera dans un certain sens ; bientôt après ces inégalités se produiront en d'autres points, la bulle se mouvra dans une autre direction... comme les corpuscules... considérés plus haut, comme eux aussi, et pour la même raison... elle sera d'autant plus vivement agitée qu'elle sera plus petite. »

Après cet exposé théorique, qui traduit très fidèlement les idées du P. Carbonnelle, car il lui fut soumis et eut son approbation, nous résumions, dans notre article, les recherches de R. Brown et nous donnions le détail des observations du P. Carbonnelle, d'après les notes mêmes prises par lui au cours de ces observations de 1874. Il suffira d'en rappeler ici les conclusions.

« Ces précautions permirent d'observer aisement les mouvements oscillatoires d'un nombre immense de corpuscules de toute nature et de constater la vérification constante du théorème. Les dimensions avaient seules une véritable influence sur le phénomène. L'état physique, la nature chimique, la figure, la température même n'introduisaient aucune variation, ou du moins les variations étaient tout à fait secondaires et le plus souvent imperceptibles. Comme d'ailleurs l'observation a porté sur des millions de cas, on peut donner comme certain le résultat suivant : Tout corps suspendu, dont aucune dimension ne dépasse deux millièmes de millimètre, est soumis à un mouvement oscillatoire incessant. La limite supérieure de deux millièmes pourrait sans doute être reculée ; on ne s'y arrête que pour pouvoir affirmer avec une entière certitude que pas un seul corps observé n'a contredit cette loi. Toujours on a constaté que ceux qui n'oscillaient pas malgré leur petitesse, étaient, non suspendus dans le liquide, mais en contact avec l'une des deux parois solides qui le terminaient. De plus, à cause du grand nombre de corpuscules inégaux que l'on observe le plus souvent ensemble dans le champ du microscope, on est pour ainsi dire forcé de remarquer que les plus petits sont toujours de beaucoup les plus vivement agités. »

L'étude expérimentale du mouvement brownien n'est peut-être pas épuisée ; à ceux de nos lecteurs qui voudraient s'y livrer, ces longues citations pourront être utiles. Tous nous pardonneront d'en avoir encombré ces pages, en considération du sentiment qui nous y a déterminé.

Le P. Carbonnelle fut le fondateur de cette Revue, et le P. Delsaulx l'un de ses collaborateurs les plus estimés. Il ne déplairait pas sans doute aux nombreux amis qu'ils comptent encore parmi nos lecteurs, de voir leurs noms associés à celui de M. Gouy — dont le mérite reste entier — dans l'exposé des recherches sur le mouvement brownien. Ne serait-ce pas une justice à leur rendre ?

J. Thirion, S. J.

BIBLIOGRAPHIE

I

Leçons sur les théories générales de l'Analyse, par René Baire, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, Tome II. — 1 vol. in-8° de 347 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1908.

Nous avons précédemment fait connaître le but et le caractère général de cet ouvrage à propos du Tome I (1), que le Tome II vient de suivre à peu d'intervalle. Il nous suffira donc d'indiquer rapidement les matières traitées dans celui-ci. Elles comprennent les fonctions analytiques, les équations différentielles, les applications géométriques et les fonctions elliptiques.

Mettant à part les applications géométriques, on peut dire que ce second volume est consacré à l'Analyse des variables complexes que l'auteur distingue de l'Analyse des variables réelles en faisant remarquer, avec juste raison, que c'est là, depuis son évolution moderne, le mode de division le plus rationnel de l'Analyse, alors que la distinction entre le calcul différentiel et le calcul intégral apparaît aujourd'hui comme quelque peu surannée.

C'est la théorie des fonctions analytiques qui constitue le fondement de l'Analyse des variables complexes. Il était utile de l'amener, pour les débutants, à un degré de parfaite clarté et de grande simplicité sans rien lui enlever de son indispensable rigueur. C'est à quoi M. Baire a admirablement réussi en s'affranchissant résolument de l'obligation de mettre systématiquement en évidence les points de vue différents des fondateurs de cette branche de la science (Cauchy, Riemann, Weierstrass). « Un cours d'analyse, fait-il très justement observer, n'est pas un cours d'histoire de l'analyse. » Cela l'a conduit, au

(1) Livraison de juillet 1908, p. 269.

lieu de chercher à juxtaposer les diverses méthodes inaugurées par les maîtres, à s'efforcer, au contraire, d'en opérer une synthèse participant à la fois des avantages des unes et des autres. Et c'est ainsi, notamment, que son mode d'exposition utilise simultanément la notion d'intégrale de variables complexes et celle de série entière. Cette façon de faire est, à nos yeux, des plus heureuses. La mise au point des théories nouvelles en vue de l'enseignement exige une sorte de réinvention qui les dégage de la forme sous laquelle elles se sont d'abord présentées à leurs auteurs, toujours placés à un point de vue plus ou moins particulier, pour les revêtir d'une forme vraiment didactique. Et c'est là ce qu'au point de vue de l'enseignement élémentaire, M. Baire a excellemment réalisé pour les fonctions analytiques.

A propos de la théorie des séries de fonctions qui fait corps avec la précédente, l'auteur, envisageant à part « le cas le plus simple et de beaucoup le plus courant des séries uniformément convergentes, celui des séries dont les termes sont moindres en module que des nombres positifs formant série convergente », propose de le distinguer par un terme spécial et celui qu'il propose de « séries *normalement* convergentes » nous semble heureusement choisi. Cette notion nouvelle permet, au reste, à l'auteur d'introduire une bien plus grande simplicité dans nombre de démonstrations relatives non seulement à la théorie des séries, mais encore à celle des produits infinis.

Dans les chapitres ayant trait d'une part aux équations différentielles, de l'autre aux applications géométriques, où il ne s'écarte guère des sujets classiques, l'auteur, sans cesser à aucun moment d'être strictement rigoureux, sait être d'une simplicité qui ne laisse rien à désirer. A titre d'observation particulière, notons qu'avant d'aborder les équations linéaires à coefficients constants, il résume en quelques pages les propriétés fondamentales des équations linéaires à coefficients analytiques.

Dans l'étude des surfaces, il fait volontiers appel à l'emploi des coordonnées curvilignes générales en raison des avantages qui en résultent au point de vue de la symétrie.

L'ouvrage se termine par un chapitre réservé aux fonctions elliptiques. Il n'est, en effet, point de meilleure illustration des théories générales de l'analyse et, à cet égard seul, cette étude mériterait de n'être point retranchée des programmes comme seraient tentés de le demander certains esprits chagrins qui lui reprochent de ne point se prêter de façon suffisamment courante à des applications pratiques. Une telle manière de voir nous

semble procéder d'une fâcheuse méconnaissance des besoins futurs de l'application des mathématiques aux sciences physiques. De plus en plus, évidemment, celle-ci exigera l'introduction de transcendantes nouvelles définies par certaines équations différentielles, et quelle meilleure préparation à une telle étude pourrait-on citer que celle des fonctions elliptiques, bornée, au surplus, comme elle l'est dans l'exposé de M. Baire, à sa partie élémentaire ?

C'est d'ailleurs sous la forme des fonctions σ, ζ, p de Weierstrass qu'il les envisage, et il n'est sans doute pas possible d'en fournir un exposé plus simple et plus clair que celui qu'il en donne en une soixantaine de pages, et qui se termine par l'indication sommaire de l'application des propriétés de ces fonctions aux courbes de genre un et à l'équation d'Euler.

M. O.

II

Leçons sur les fonctions définies par les équations différentielles du premier ordre, par Pierre Boutroux, maître de conférences à la Faculté des sciences de Montpellier (Ouvrage faisant partie de la *collection de monographies sur la théorie des fonctions*). 1 vol. in-8° de 190 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1908.

Si cet ouvrage mérite d'être rapproché du précédent pour le talent qui s'y rencontre, il en est, pour le but poursuivi, situé tout à fait à l'opposé. Le livre de M. Baire vise à donner une forme définitive aux principes fondamentaux de la science mathématique, constituant, en quelque sorte, le tronc commun d'où se détachent, comme autant de branches, toutes les théories particulières qui la composent. Celui de M. Boutroux, au contraire, tend à nous faire pénétrer en un domaine à peu près entièrement vierge où il a été un des tout premiers à poser le pied.

Il s'agit de l'étude des intégrales d'une équation différentielle non plus seulement autour d'un point, suivant le point de vue de Cauchy, mais dans tout leur champ de variation. C'est M. Painlevé qui, le premier, s'est engagé dans cette voie. Il résulte de ses importants travaux, développés dans ses leçons

de Stockholm sur la théorie analytique des équations différentielles (1), qu'à part un petit nombre d'équations qui se laissent ramener à l'équation de Riccati, les équations de la forme

$$\frac{dy}{dx} = \frac{P(x, y)}{Q(x, y)}$$

dont le second nombre est une fonction rationnelle de y, algébrique de x, définissent des fonctions multiformes possédant un nombre infini de branches, fonctions sur la nature desquelles nous ne possédons jusqu'ici, pour ainsi dire, aucune indication positive. C'est à l'étude extraordinairement difficile de ces fonctions que M. Boutroux n'a pas craint de s'attaquer en s'inspirant largement des vues nouvelles récemment introduites dans la théorie des fonctions.

Dans un premier chapitre, l'auteur expose les notions fondamentales qu'il prend pour point de départ. Ayant rappelé le théorème de Cauchy sur l'existence de l'intégrale autour d'un point ordinaire, il passe en revue les diverses espèces de singularités qui font tomber ce théorème en défaut, et qu'il range en cinq catégories. Il rappelle ensuite le théorème de M. Painlevé sur les valeurs que prend une intégrale lorsqu'on fait parcourir à la variable un chemin quelconque, d'où résulte que toute équation du type envisagé qui n'est pas une équation de Riccati a pour intégrale générale une fonction multiforme ; et il démontre l'importante proposition du savant géomètre établissant que seules les équations réductibles à cette équation admettent pour intégrales des fonctions multiformes à nombre fini de branches. Il expose ensuite la voie dans laquelle il lui semble possible de rechercher les éléments d'une théorie générale, encore inexistante, des transcendantes multiformes et développe, à cette occasion, quelques remarques générales sur les points-limites de leurs déterminations, et fait ressortir la possibilité de construire des surfaces de Riemann sur lesquelles une fonction multiforme donnée puisse être regardée comme uniforme. L'un des principaux objets de la théorie recherchée sera précisément d'obtenir, pour chaque type nouveau de fonctions uniformes, une représentation aussi simple que possible et appropriée à leur nature, sur une surface de Riemann. Pour clore ces préliminaires, il présente enfin quelques considérations sur l'usage qui peut être fait, dans la théorie des équa-

(1) Voir la livraison d'octobre 1897 de la REVUE, p. 599.

tions différentielles, de la notion de continuité en vue de s'élever de certains faits connus à d'autres, voisins mais plus complexes.

La croissance et l'allure d'une branche d'intégrale isolée, au voisinage d'un point singulier transcendant où s'échangent une infinité de branches d'une même intégrale, sont étudiées au Chapitre II où l'auteur envisage successivement les branches d'intégrales à croissance exponentielle et à croissance rationnelle pour le cas où, dans le type d'équation différentielle écrit plus haut, P et Q sont des polynomes par rapport à x aussi bien que par rapport à y. Les résultats qu'il obtient ainsi, bien que ne constituant encore qu'une ébauche, fournissent une première étape dans la voie toute nouvelle où il s'est engagé. Pour préciser davantage l'allure des intégrales, il est nécessaire de particulariser encore le type d'équation étudié. C'est ainsi que l'auteur aborde successivement deux exemples dans lesquels il introduit des hypothèses plus restrictives, celle notamment où le second membre de l'équation ci-dessus est un polynome du 3e degré en y dont les coefficients sont des polynomes en x de degré quelconque.

Pour mettre à nu le mécanisme suivant lequel s'échangent les déterminations de l'intégrale au voisinage d'un point singulier transcendant, M. Boutroux est amené, dans le Chapitre III, à proposer une classification de ces points singuliers transcendants. Ayant établi une distinction fondamentale entre les points directement et indirectement critiques, il étudie l'ordre de succession des permutations autour de ces points en portant son attention sur les deux ensembles dont la nature caractérise une fonction multiforme au voisinage d'une singularité transcendante X : ensemble des points critiques x_1, x_2,... convergeant vers X, et ensemble des déterminations y_1, y_2,... engendrées au voisinage de X, ensembles qui sont dénombrables. Au reste, pour mettre en évidence les caractères qui peuvent servir de fondement à une classification de ces singularités, il a recours à divers exemples simples. Il aboutit ainsi à une classification se traduisant par une terminologie spéciale destinée sans doute à rendre de grands services en mettant de l'ordre dans des idées qui s'offrent tout d'abord avec une grande complexité.

Ayant ainsi, en quelque sorte, marqué l'accès des routes qu'il s'agirait d'explorer, M. Boutroux s'attache, dans le Chapitre IV, à pousser plus avant l'étude d'une famille de points singuliers, ceux dits de Briot et Bouquet, ou, plus exactement, d'une classe particulière puisée parmi ceux-ci, classe importante à la vérité ;

cette étude jette une nouvelle lumière sur le mécanisme des permutations au voisinage d'une singularité transcendante.

Dans un dernier et court chapitre, il esquisse une étude des relations entre les singularités transcendantes d'une même équation, sur quelques exemples simples.

Le volume est complété par une importante note de M. Painlevé dans laquelle ce savant géomètre résume, sous une forme saisissante, ses profondes recherches sur les équations différentielles du premier ordre dont l'intégrale générale n'a qu'un nombre fini de branches. La lecture de cette note peut être, pour les jeunes analystes, suggestive de recherches d'un haut intérêt. M. Painlevé indique, en effet, lui-même que, pour que les résultats qu'il a complètement établis dans le cas où le nombre des branches est égal à 2 s'étendissent en toute rigueur (comme il n'est pas douteux que cela puisse se faire) au cas où ce nombre est quelconque, tout en restant fini, il faudrait mettre hors de toute discussion la démonstration de l'un ou l'autre des théorèmes A et B que voici :

A. — *Si dans la relation*

$$y^m + A_{m-1}(t)y^{m-1} + \cdots + A_1(t)y + A_0(t) = 0$$

les A_j *sont des fonctions uniformes de* t *n'ayant qu'un nombre fini de points essentiels, les points singuliers transcendants de la fonction* t(y) *ainsi définie forment nécessairement un ensemble dénombrable.*

B. — *Une fonction uniforme, continue dans une aire* D, *et qui est holomorphe dans cette aire, sauf peut-être pour un ensemble parfait partout discontinu de points singuliers, est holomorphe dans toute l'aire.*

Si l'on ne peut pas encore dire, après ce premier et très remarquable essai, que M. Boutroux ait pénétré très avant dans la région d'un accès si exceptionnellement difficile qu'il s'est donné pour mission d'explorer, on doit toutefois reconnaître qu'il a ouvert des sentiers par où il semble nécessaire de passer tout d'abord pour atteindre au cœur de cette région. Les très hautes facultés dont il a ainsi donné la preuve, et qu'on n'est point étonné de rencontrer chez le propre neveu de M. Poincaré, permettent d'espérer que lui-même, par la suite, saura réaliser de nouvelles conquêtes dans cette voie.

M. O.

III

Traité de mathématiques générales à l'usage des chimistes, physiciens, ingénieurs et des élèves des Facultés des Sciences, par E. Fabry, professeur à l'Université de Montpellier ; avec une préface de G. Darboux. Un vol. in-8° de x + 440 pages. — Paris, Hermann, 1909.

Il ne faut pas se dissimuler la difficulté d'écrire un traité de mathématiques destiné à des lecteurs d'aspirations et de professions aussi diverses. Contrairement à ce qu'avaient fait ses devanciers, M. Fabry ne s'est pas borné aux questions mathématiques d'utilité pratique pour les techniciens. Il a fait assez large place à des problèmes d'intérêt plutôt théorique. Ne pouvant tout donner, il a fait un choix. Nous avouons n'avoir pu découvrir quel principe l'a guidé dans cette sélection. Ainsi, pour citer un exemple, on se passerait sans trop d'inconvénients du théorème d'existence des fonctions implicites ; par contre, les physiciens ne seraient pas fâchés de rencontrer au moins le principe de la méthode de calcul des intégrales définies dont ils font si fréquent usage, au moyen de la dérivation par rapport à un paramètre.

L'exposé est aussi abstrait qu'exposé peut l'être. La représentation géométrique s'y voit réduite à sa plus simple expression. Ajoutons que les démonstrations sont, en général, remarquablement concises. Ce sont qualités dignes d'éloges et généralement prisées des mathématiciens. Dans un ouvrage destiné aux non-initiés, ces qualités mêmes ne risquent-elles pas de rebuter plus qu'elles n'attirent ? Nous avons à ajouter que la rédaction est parfois un peu négligée, et semble témoigner d'un travail hâté et qui n'a guère subi de retouches. Ainsi, pour ne relever que deux ou trois exemples, la limite est définie au n° 3 ; on s'en sert au n° 2. Dans la théorie des nombres imaginaires — il vaudrait mieux dire complexes — la règle d'addition est donnée *par définition*. Il faudrait que la règle de multiplication fût aussi ramenée à une définition. Elle est introduite par un *on a* ambigu. Il est dit, page 275 : la différentielle seconde de z dépend de la variable indépendante x choisie. Il faudrait dire : la forme de la différentielle. La correction typographique se ressent de la même négligence.

Nous regretterions que ces critiques fissent apprécier cet

ouvrage moins qu'il ne le mérite. On aura remarqué qu'elles portent sur des détails. Nous ne croyons pas qu'il faille mettre ce traité entre les mains de débutants, mais nous sommes persuadés qu'il rendra de bons services à ceux qui, ayant étudié ces matières d'une manière approfondie dans des traités spéciaux, trouveront ici un résumé substantiel des doctrines fondamentales qui ont fait l'objet de leurs études. Nous l'appellerions volontiers un formulaire, non de formules, mais un formulaire des théories essentielles de la mathématique. L'index qui suit en indique sommairement le contenu.

Index. — *Algèbre.* Incommensurables. Limites. Continuité. Radicaux. Binôme. Déterminants. Séries. Exponentielle. Logarithmes. Dérivées. Applications. Développements en série. Fonctions de plusieurs variables. Imaginaires. Équations algébriques. Racines réelles. Racines incommensurables. Équation du 3me degré. Fractions rationnelles. Élimination. Interpolation.

Géométrie analytique. Notions. Droite. Lieux géométriques. Points multiples. Asymptotes. Coniques. Diamètres. Foyers. Intersections. Polaires. Coordonnées polaires. Courbes unicursales. Enveloppes. Courbure. Coordonnées dans l'espace. Plan. Droite. Génération des surfaces. Surfaces du 2d degré. Intersections. Sections circulaires. Cônes circonscrits. Enveloppes. Courbure.

Analyse. Différentielles. Intégrales. Intégrales définies. Surfaces. Applications. Volumes et surfaces. Intégrales curvilignes. Intégrales de surface. Équations différentielles. Équations aux dérivées partielles.

Mécanique. Cinématique. Dynamique d'un point libre. Dynamique d'un point non libre. Statique. Centres de gravité. Dynamique des systèmes.

Tableau des principales formules.

Chaque chapitre est suivi de quelques exercices.

F. W.

IV

Traité des courbes spéciales remarquables planes et gauches, par F. Gomes Teixeira. Ouvrage couronné et publié par l'Académie Royale des Sciences de Madrid. Traduit de l'espagnol, revu et très augmenté. Tome I. Un vol. in-4° de xii-401 pp. — Coïmbre, Imprimerie de l'Université, 1908.

Il y a quelques années (avril 1903) je rendais compte ici même des *Spezielle algebraische und transcendente ebene Kurven* de M. Gino Loria, professeur à l'université de Gênes. A ce propos j'eus l'occasion de signaler au lecteur l'intérêt de la question mise à deux reprises au concours, en 1892 et en 1895, par l'Aca-

démie Royale des Sciences de Madrid : « Donner un catalogue méthodique de toutes les courbes d'une classe quelconque ayant reçu un nom spécial, avec une idée succincte de la forme des équations et des propriétés de chacune d'elles et une notice des ouvrages ou des auteurs qui en ont fait la première mention. » Vers la même époque, dans le tome I de l'Intermédiaire des Mathématiciens (1894), M. Haton de la Goupillière, sans connaître semble-t-il la question de l'Académie de Madrid, proposait aux jeunes géomètres l'étude d'un sujet tout à fait analogue.

Quelques débutants se sont-ils laissés tenter par l'invitation de M. Haton de la Goupillière ? Je l'ignore ; mais deux maîtres n'ont pas cru déroger en acceptant celle de l'Académie de Madrid. Il n'y a plus à faire l'éloge du volume de M. Loria, j'en ai dit tout le bien que j'en pensais et son mérite est reconnu. Quant à l'ouvrage de M. Gomes Teixeira, si on le citait, il est vrai, moins souvent, c'est uniquement parce qu'il était écrit en espagnol. L'Académie de Madrid lui avait décerné le prix et on le savait ; mais plus d'un lecteur désireux d'en prendre connaissance se laissait néanmoins arrêter par la langue. Aussi est-ce une idée heureuse de s'être décidé à en donner une traduction française le mettant ainsi à la portée de tout le monde. Car sans vouloir établir de parallèle entre les mémoires de MM. Gomes Teixeira et Gino Loria, celui du savant portugais conserve tout son intérêt même pour le lecteur familiarisé avec celui du savant italien.

Les plans des deux auteurs, c'est naturel, se ressemblent dans leurs grandes lignes, tout en différant assez bien dans le détail. Ainsi M. Gomes Teixeira omet, avec raison d'après nous, toute la théorie des coniques ; tandis que M. Loria en donnait, à notre avis, trop ou beaucoup trop peu. En outre, le savant portugais s'en tient plus strictement que son émule italien à la lettre même du texte de la question : « Étudier les courbes qui ont reçu des *noms spéciaux*. »

On admire chez les deux éminents géomètres la même élégance de plume et la même clarté de style. Encore une fois j'évite de faire entre eux un parallèle. Cependant je le dirai à titre de simple constatation et sans la moindre critique : M. Gomes Teixeira semble avoir écrit non seulement pour les professeurs et les spécialistes, mais aussi un peu pour les élèves et les profanes. « Lorsque nous avons rédigé cet ouvrage, observe-t-il lui même dans la préface, nous avons tâché de le faire d'une manière tout élémentaire. Beaucoup de questions

pouvaient être traitées avec plus de concision, par des procédés spéciaux ; mais à notre avis un ouvrage de ce genre, pour être utile, doit être accessible à tout lecteur qui désire étudier une des courbes considérées, même s'il ne possède pas des connaissances scientifiques approfondies. »

Les données bibliographiques ne manquent pas dans le *Traité des courbes spéciales remarquables ;* elles sont toutefois moins nombreuses que dans les *Spezielle algebraische und transcendente ebene Kurven*. C'est que M. Gomes Teixeira s'est derechef tenu de plus près que M. Loria, à la lettre du texte de la question de l'Académie de Madrid. « Dans le programme proposé par l'Académie, dit-il, on demande pour chaque courbe l'indication du géomètre qui *le premier* l'a étudiée. Cette indication a été faite pour la plupart des courbes. Quant aux courbes pour lesquelles cette indication n'a pas été possible, on a au moins cité les ouvrages les plus anciens qui la concernent. »

Le *Traité des courbes spéciales remarquables* comprendra deux volumes ; voici, par chapitres, la liste des courbes étudiées dans le premier.

Chap. I. *Cubiques remarquables*. 1. Cissoïde. 2. Conchoïde de Hude. 3. Strophoïde. 4. Focale de van Rees. 5. Trisectrice de Mac Laurin. 6. Cubiques circulaires.

Chap. II. *Cubiques remarquables* (suite). 1. Folium de Descartes. 2. Courbes carrables algébriquement. Le trèfle. 3. Anguinea. Hyperbolisme des coniques. 4. Trident. Parabole de Descartes. 5. Versiera. 6. Courbe de Rolle. 7. Cubique mixte. 8. Folium parabolique. Paraboles divergentes unicursales. 9. Paraboles divergentes droites. 10. Cubiques de Chasles. 11. Généralisation de la théorie des cubiques circulaires. 12. Notice bibliographique succincte de la théorie des cubiques.

Chap. III. *Quartiques remarquables*. 1. Spiriques de Persens. 2. Cassiniennes. 3. Lemniscates. 4. Lemniscate de Bernoulli.

Chap. IV. *Quartiques remarquables* (suite). 1. Limaçon de Pascal. 2. Cardioïde. 3. Ovales de Descartes. 4. Quartiques bicirculaires.

Chap. V. *Quartiques remarquables* (suite). 1. Conchoïde de Nicomède. 2. Paraboles virtuelles. Besace. 3. Courbe de Gutschoven ou cappa. 4. Cruciforme. Puntiforme. 4. Quartique piriforme. Quartiques de Wallis. 5. Courbe du diable. 6. Folium simple ou ovoïde. 7. Folium double ou bifolium. 8. Trifolium. 9. Quartiques de M. Ruiz-Castizo. 10. Bicorne. 11. Conchoïdes

focales des coniques. 12. Notice bibliographique succincte de l'origine et du développement de la théorie des quartiques.

Chap. VI. *Sur quelques courbes du sixième et du huitième degré.* 1. Courbe de Watt. 2. Astroïde. 3. Courbes parallèles à l'astroïde. 4. Développée de l'ellipse et de l'hyperbole. 5. Scarabée. 6. Atriphtaloïde. 7. Courbe de Talbot. 8. Toroïde. 9. Podaires centrales des toroïdes. 10. Courbe équipotentielle de Cayley. 11. Note sur l'origine et le développement de la théorie des courbes algébriques.

A la fin du volume, une table des courbes et une table des auteurs cités facilitent les recherches.

H. Bosmans, S. J.

V

La photogrammétrie comme application de la géométrie descriptive, par Fr. Schilling, Professeur à la Technische Hochschule de Danzig. Édition française rédigée avec la collaboration de l'auteur par L. Gérard, Docteur ès sciences, Professeur au collège Chaptal. Un vol. in-8° de 101 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1908.

La matière de ce petit volume a été fournie par les conférences faites en 1904, à Göttingen, par l'auteur aux professeurs d'écoles supérieures venus pour suivre les cours de vacances. Ces conférences visaient le problème général de la photogrammétrie, inverse de celui de la perspective, ayant pour but de restituer d'après une ou plusieurs perspectives (suivant que l'on connaît ou non certaines particularités géométriques de l'objet représenté) les projections horizontale et verticale d'un objet quelconque de l'espace. Les perspectives ainsi mises en œuvre étant facilement obtenues par la photographie, il en résulte une méthode de lever des plus expéditives dont le principe est, comme on sait, dû au Colonel Laussedat.

Dans l'exposé de M. Schilling, dont M. Gérard nous donne une libre version française, les principes, somme toute très élémentaires, sur lesquels repose cette importante application de la géométrie sont donnés sous une forme claire, et illustrés d'exemples nombreux dont quelques-uns traités en détail dans les cinq planches qui terminent le volume.

Lorsque l'objet représenté (ce qui est le cas pour les édifices) comprend des lignes parallèles à trois directions rectangulaires dont l'une verticale, on conçoit *a priori* qu'il en résulte, sur la perspective, des particularités propres à simplifier grandement la restitution et même à la rendre possible au moyen d'une seule perspective. A ce problème est consacrée toute la première partie de l'ouvrage. Le cas général qui se résout au moyen de deux ou plusieurs perspectives est traité dans la seconde partie où l'auteur utilise la notion des points noyaux de Finsterwalder, qui sont, sur chaque perspective, les points correspondant aux points de vue d'où sont prises les autres perspectives.

Dans une troisième partie, l'auteur dit quelques mots des rapports de la photogrammétrie avec divers arts ou sciences. Il montre, tout d'abord, comment elle permet de restituer les scènes représentées par la peinture et souligne à cet égard les différences considérables qui s'accusent entre les divers artistes ou même entre les diverses écoles. Il est curieux de constater l'exactitude saisissante qui s'accuse dans les œuvres de certains maîtres des écoles du Nord, antérieures à la Renaissance dans celles, par exemple, d'Albert Dürer (notamment son *Saint Jérôme dans sa cellule*), alors que certains grands artistes de la fin de la Renaissance se sont abandonnés à une fantaisie pour ainsi dire illimitée ; tel Paul Veronese qui, dans ses *Noces de Cana*, n'a pas eu recours à moins de sept points de vue et de cinq horizons.

C'est tout d'abord pour les levers d'architecture que s'est affirmée l'importance de la photogrammétrie, d'abord entre les mains de Laussedat, puis entre celles de M. Meydenbauer qui, d'après M. Schilling, serait, à son tour, entré dans cette voie sans avoir connaissance des travaux, pourtant depuis longtemps déjà entamés, du premier. C'est, au reste, à la restitution perspective des morceaux d'architecture qu'est principalement consacré l'exposé de M. Schilling.

Il dit bien quelques mots des applications à la Topographie, mais, sur ce point, il est loin de faire connaître tous les progrès réalisés en ces dernières années, dus pour la plus grande part au capitaine du génie français Saconney qui a su amener cet art à un degré de perfection vraiment inespéré. Le capitaine Saconney n'a, au reste, publié jusqu'ici que fort peu de chose sur ses remarquables travaux qu'il lui a encore été donné de mettre plus strictement au point, sous le rapport pratique, au cours de la récente campagne du Maroc, et auxquels il est en train de donner la forme d'un volume qui ne tardera pas à paraître.

L'auteur signale également de façon très sommaire les applications à la géophysique, à l'astronomie, voire à l'art du chirurgien et à celui de l'ingénieur. Il aurait pu y ajouter celle, très remarquable, qu'en a faite M. Bertillon aux reconstitutions judiciaires.

Le volume se termine par la description des principaux appareils usités en Allemagne pour l'obtention des vues photogrammétriques servant de base à la restitution.

M. O.

VI

Navigation (Instruments — Observations — Calculs), par E. Perret, Lieutenant de vaisseau, Professeur à l'École Navale (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mathématiques appliquées*, de l'*Encyclopédie scientifique*). Un vol. in-18 jésus de 360 pages. — Paris, Doin, 1908.

L'application de l'astronomie à la navigation est une des plus importantes de celles que l'on puisse faire de cette science ; c'est, en tout cas, celle dont les opérations se renouvellent le plus fréquemment puisqu'elles se répètent chaque jour sur tous les navires en mouvement à la surface du globe. C'est dire l'intérêt de premier ordre qui s'attache à un bon exposé des méthodes suivant lesquelles s'effectue cette application. Il n'en est certes point de plus clair et de plus complet que celui que vient de nous donner M. le Lieutenant de vaisseau Perret, connu pour ses belles applications de la Nomographie aux calculs nautiques ; il n'en est pas non plus de plus condensé, ni, n'hésitons pas à le dire, de plus moderne, rompant plus hardiment avec les routines surannées dont on ne s'explique pas qu'on ait laissé s'encombrer le problème. Pour être tout à fait rigoureux, il faut dire : le double problème, car, de fait, il y en a bien deux :

1° Déterminer la route à suivre pour se rendre d'un lieu à un autre ;

2° Déterminer, à un instant donné, la position du navire.

Avant de signaler les innovations heureuses introduites par M. Perret dans son exposé, nous allons indiquer quelles sont les grandes divisions de l'ouvrage. Il se compose de deux livres.

Le livre I, relatif à la *navigation par l'estime*, se subdivise lui-

même en trois chapitres consacrés respectivement aux instruments de l'estime (compas et loch) et à la loxodromie, aux cartes marines dont il est impossible de fournir à la fois la théorie et la description pratique sous une forme plus simple et plus heureuse, enfin au point estimé et aux principes suivant lesquels s'effectue soit la navigation loxodromique, soit la navigation orthodromique dont l'usage tend de plus en plus à se généraliser.

Le livre II, nécessairement beaucoup plus développé, embrasse tous les problèmes de la *navigation astronomique*. Un premier chapitre est consacré à la *Connaissance des temps* sur l'usage de laquelle l'auteur fournit tous les renseignements pratiques pouvant intéresser un marin. Il est suivi d'un second chapitre constituant une étude magistrale et complète du sextant (description, rectifications, erreurs et usages). La correction des hauteurs fait l'objet d'un chapitre spécial. Pour faire pendant à celui qui traite du sextant, le chapitre IV renferme toutes les notions qu'un marin doit posséder pour se servir correctement du chronomètre (1) (réglage ; détermination de la marche ; variations des marches).

Dans les chapitres V et VI est indiquée l'application du résultat des observations faites au moyen des instruments précédents à la détermination d'un lieu du navire et au point observé.

Un dernier chapitre est consacré à la navigation sans chronomètres, c'est-à-dire aux moyens astronomiques par lesquels on peut déterminer l'heure du premier méridien.

Un appendice contient une excellente note sur le calcul logarithmique, conçue dans un esprit vraiment pratique, et qui ne serait pas à méditer que par les seuls navigateurs. Il est suivi de plusieurs tables numériques d'un usage constant et, ce qui est non moins précieux, de quatre planches contenant chacune un exemple numérique complet en sorte qu'un calculateur novice n'aurait, le cas échéant, qu'à calquer un de ces modèles en substituant aux données qui ont servi à l'établir celles qui résulteraient des observations auxquelles il aurait affaire. Ces exemples numériques visent respectivement : 1° un calcul d'heure par des hauteurs correspondantes du soleil ; 2° et 3° des calculs de droite de hauteur ; 4° un calcul de point par hauteurs sensiblement

(1) La science même de la chronométrie fait, dans la même Bibliothèque, l'objet d'un volume spécial dû à M. le professeur J. Andrade, et qui est analysé ci-après.

simultanées (celui-ci comportant, au reste, l'exécution d'un graphique).

Venons maintenant aux particularités par lesquelles, outre son étendue aussi réduite que possible, cet ouvrage se distingue de ceux qui l'ont précédé pour le même objet. On peut, croyons-nous, les ramener aux trois points que voici :

1° suppression des transformations inutiles ;

2° généralité des formules ;

3° généralité de la méthode pour la détermination d'un lieu du navire.

Il nous paraît utile de donner quelques explications au sujet de chacun d'eux :

1° A la différence de ce qui se rencontre dans les ouvrages considérés comme classiques, au moins en France, notamment dans ceux de Faye, où il est fait emploi systématique de la colatitude, de la distance polaire et de la distance zénithale, M. Perret se sert exclusivement des données telles qu'elles sont directement fournies dans la pratique : la latitude (qui se lit sur les cartes), la déclinaison (qui se trouve dans la *Connaissance des temps*), la hauteur (que donne le sextant). Détail évidemment sans intérêt pour les purs théoriciens qui établissent les formules sans les utiliser, mais d'une sensible importance pour ceux qui les appliquent constamment. L'auteur rompant aussi avec la routine des marins qui s'obstinent à n'introduire dans leurs formules que l'angle au pôle du triangle de position, ne fait usage que de l'angle horaire. Et qu'on ne dise pas que l'avantage est illusoire, sous prétexte que, lorsque l'angle horaire est supérieur à 12^h, il ne peut servir d'argument d'entrée (les tables marines n'allant que de 0^h à 12^h). Si l'on a, par exemple, $t = 15^h\,16^m\,12^s$, on obtient immédiatement l'argument d'entrée, $3^h\,16^m\,12^s$, en retranchant mentalement 12^h rondes, au lieu d'avoir à effectuer la soustraction $24^h - 15^h\,16^m\,12^s = 8^h\,43^m\,48^s$, nécessaire à l'obtention de l'angle au pôle.

2° Il s'agit maintenant d'une question beaucoup plus importante. Les marins continuent, en général, à ne voir dans leurs formules que des éléments de triangles et à se placer à un point de vue purement géométrique, dans l'acception la plus étroite du mot. Il en résulte d'évidentes difficultés dans l'application des formules ; il faut avoir recours soit à des règles particulières assez embrouillées, soit à des figures à main levée pour décider si telle correction doit, dans tel cas, s'ajouter ou se retrancher arithmétiquement ; et cela peut être une source d'erreurs.

Maintenant que la géométrie analytique a pénétré dans l'enseignement même élémentaire des mathématiques, il est temps de faire cesser cet état de choses, reste d'une époque où la science théorique n'avait pas, dans les écoles, atteint son plein degré de généralité. Avec Yvon Villarceau, M. Perret considère tous les éléments des formules comme des coordonnées, ce qui le dispense d'avoir à recourir à aucune règle de signe ; les formules sont toutes algébriques et générales. Mais, à l'encontre de l'ouvrage, beaucoup plus volumineux d'ailleurs, d'Yvon Villarceau (qui, purement théorique, a dû être complété, à ce point de vue, par une seconde partie absolument disparate due à M. de Magnac), le petit livre de M. Perret contient tout ce qu'il faut pour les applications immédiates.

Remarquons toutefois que, pour rester fidèle à son principe, rappelé ci-dessus, de réduire au minimum les transformations à faire subir aux données telles que les fournissent les observations, l'auteur a dû faire exception pour les formules de l'estime en employant l'angle de route tel qu'il résulte des indications du compas. Espérons que son livre, par l'introduction dans la pratique du marin, de l'azimut compté comme une coordonnée, contribuera à faire réussir la réforme bien souhaitable du mode de graduation des roses de compas, d'où résulterait une si notable simplification des corrections de routes et de relèvements.

3° M. Perret a écarté de parti pris les deux méthodes de détermination de la droite de hauteur qui tombent parfois en défaut (parallèle ou méridien estimé) pour s'en tenir à la seule méthode générale (Marcq St-Hilaire) ; cela éclaircit sensiblement un problème qui est, en définitive, le problème usuel, capital, de la navigation. Il y fait entrer, et pour la première fois sans doute, les cas particuliers des circumméridiennes et de la polaire. Enfin il fait une application rationnelle de la méthode de l'angle auxiliaire, classique en astronomie, mais qui n'avait pas encore été utilisée de cette manière en navigation.

Les officiers, tant de la marine marchande que de la marine militaire, ne sauraient, pour leurs observations et leurs calculs à la mer, consulter un guide plus sûr, plus clair et plus complet que celui que vient si heureusement de leur donner M. Perret.

Ph. du P.

VII

Chronométrie, par J. Andrade, Professeur à la Faculté des sciences de Besançon (ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mécanique appliquée* de l'*Encyclopédie scientifique*). Un vol. in-18 jésus de 382 pages. — Paris, Doin, 1908.

Réunir pour la première fois, dans un seul volume, au reste d'étendue réduite, l'exposé descriptif de l'œuvre des artistes qui ont fondé la chronométrie et l'ensemble des travaux de savants qui ont réussi à comprendre cette œuvre et à la compléter par une intervention judicieuse de la théorie, tel est le but que s'est proposé l'auteur en se laissant conduire par les idées directrices que lui ont imposées les besoins d'un enseignement nouveau, inauguré il y a sept ans à Besançon. On peut dire qu'il l'a parfaitement atteint dans ce petit volume dont l'ordonnance est excellente et dont la forme ne laisse pas d'être vive, piquante même à l'occasion, ce qui en rend la lecture fort attrayante.

Disons, en gros, que le volume comprend quatre parties dont voici les titres :

I. — Exposé historique des faits et des idées ; comment est née la chronométrie ; ses grands inventeurs : Huyghens, Arnold, Pierre Le Roy.

II. — Le rouage depuis le poids ou ressort-moteur jusqu'à l'échappement et au balancier ; les axes, les pierres et les huiles ; étude élémentaire de la compensation et des méthodes de réglage.

III. — Chronométrie mathématique ; les lois du réglage et de la synchronisation.

IV. — Notions d'électro-horlogerie.

En outre, une postface, signalant les lacunes qu'en raison de ses dimensions strictement limitées l'ouvrage a dû laisser subsister, donne quelques indications sur la chronométrie physique, puis, faisant un retour sur l'histoire de la chronométrie, montre la possibilité de nouveaux régulateurs satisfaisant à divers desiderata, dit enfin quelques mots des crises horlogères et de l'enseignement horloger en formulant les nouveaux problèmes qui en résultent pour l'enseignement public.

Dans l'ouvrage dont le sommaire qui précède donne une idée d'ensemble, on distingue d'abord un exposé et une théorie élémentaire de l'horlogerie qui, grâce à l'emploi systématique de la représentation graphique, permettront aux élèves des

écoles techniques de se rendre facilement maîtres de l'ensemble du jeu des organes de la montre et même de la partie élémentaire du réglage.

Pour ce qui concerne la géométrie et l'arithmétique du rouage, l'auteur déclare avoir pris pour guide l'enseignement de deux praticiens et théoriciens renommés, MM. Grossmann père et fils. Mais ce qui lui appartient bien en propre, c'est l'enseignement du réglage qui ne laissait pas d'être délicat et qu'il a su amener à un point remarquable de précision et de netteté. Déjà, dans la partie élémentaire de l'ouvrage apparaît la notion du régime permanent ou moyen, exposée, il est vrai, dans l'hypothèse des résistances les plus simples (frottement et amortissement constants). Sans doute, les perturbations entre les mouvements réels et le mouvement pendulaire et sinusoïdal d'Huyghens sont beaucoup plus complexes que ne le voudraient les hypothèses, mais celles-ci ont paru commodes à l'auteur pour illustrer commodément la notion du régime moyen.

L'analyse des perturbations du mouvement pendulaire a été commencée par Yvon Villarceau, Phillips et M. Caspari. Phillips a précisé l'emploi des courbes terminales du spiral cylindrique, devinées par l'Anglais Arnold ; M. Caspari a justifié la belle méthode de Pierre Le Roy qui réalise l'isochronisme du régulateur par l'adoption d'une étendue angulaire voisine de 90° entre les points d'attache du spiral. On doit encore à Phillips l'évaluation de la perturbation d'isochronisme due à la flexibilité de la lame bimétallique du balancier compensateur et les lois des marches des montres en position verticale, lois qui sont encore fondamentales dans la pratique du réglage. Enfin, c'est M. Caspari qui est parvenu à déterminer la perturbation d'isochronisme due à l'inertie du spiral cylindrique. Mais, en complétant sur ce point l'analyse du savant ingénieur hydrographe, M. Andrade a fait voir que l'effet calculé pour la première fois par M. Caspari doit être amplifié dans le rapport de 5 à 3.

Il y a lieu de mentionner spécialement une théorie que l'auteur a rajeunie et complétée de la façon la plus heureuse ; c'est la théorie de la synchronisation des horloges. Il a d'abord donné une théorie graphique très simple du cas, pour ainsi dire, type des phénomènes de synchronisation, c'est-à-dire du cas, déjà étudié par Cornu, d'un mouvement pendulaire uniformément amorti synchronisé par une action périodique électromagnétique. A ce sujet, l'auteur rappelle les travaux par lesquels il a complété la théorie de Cornu en tenant compte de l'échappe-

ment propre de l'horloge synchronisée, travaux qui ont vu le jour dans les *Archives de Genève* et ont été présentés en 1904 au Congrès des mathématiciens tenu à Heidelberg.

Comme premier résultat de ces travaux, on peut citer deux procédés réguliers de synchronisation sous une amplitude donnée :

1° Le procédé de Cornu, par amortissement complémentaire et force synchronisante ;

2° Le procédé de Foucault par atténuation de l'échappement propre de l'horloge synchronisée et sa composition avec une force synchronisante jouant ainsi le rôle d'échappement à temps, alors que l'échappement ordinaire est, au contraire, un échappement de position.

Dans le même ordre d'idées, l'auteur indique rapidement comment sa méthode lui a fourni d'abord l'extension de la théorie de la synchronisation à des mouvements pendulaires troublés, puis l'explication du phénomène de la synchronisation par le fer doux. Il signale comme particulièrement utiles dans les calculs que comportent ces phénomènes deux méthodes mathématiques intéressantes et qui, dans sa théorie, se prêtent un mutuel appui : d'une part, la méthode d'approximations successives de M. Émile Picard, et, de l'autre, la théorie des substitutions répétées.

Une des originalités de ce livre consiste dans l'insertion, entre les parties les plus élémentaires et celles où intervient l'analyse, d'un exposé extrêmement simple de ce qui, aux yeux de l'auteur, constitue, à proprement parler, les mathématiques de l'ingénieur. En une vingtaine de pages, le lecteur peu familiarisé avec l'analyse trouvera là toutes les notions strictement suffisantes pour l'application du calcul à l'horlogerie.

En résumé, il nous semble que M. Andrade a rajeuni et simplifié une bonne partie de ce que l'on savait déjà de la théorie de l'horlogerie et que, d'autre part, il a apporté une contribution importante à l'analyse des perturbations pendulaires et des fonctions du réglage, qu'enfin, tant par les méthodes employées que par les résultats énoncés, il a fait naître une étude nouvelle, celle de la stabilité du phénomène de la synchronisation des horloges.

Si l'on ajoute à ces recherches théoriques nouvelles le souci constant du réalisme requis par l'enseignement technique, on arrive, pensons-nous, à se faire une idée assez exacte de ce que

cet ouvrage, très bien traité, en outre, pour toute la partie descriptive, apporte aujourd'hui de nouveau avec lui.

S'il est destiné à être lu par tous ceux qu'à un titre quelconque intéresse la chronométrie et, plus généralement, par ceux qu'attire la mécanique de précision, il ne manquera pas, d'autre part, de devenir le livre d'étude par excellence pour les élèves des écoles professionnelles d'horlogerie qui y trouveront réuni à la fois tout ce dont ils peuvent avoir besoin tant du côté de la pratique que de celui de la théorie.

PH. DU P.

VIII

LOCOMOTIVES A VAPEUR, par J. NADAL, Ingénieur en chef des Mines, Ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction des Chemins de fer de l'État (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie* de l'*Encyclopédie scientifique*). Un vol. in-18 jésus de 315 pages. — Paris, Doin, 1908.

« Le présent ouvrage contient l'exposé aussi complet et aussi concis que possible de nos connaissances actuelles sur la construction et l'utilisation des locomotives à vapeur. » Ce début de l'avant-propos par lequel s'ouvre le livre en définit admirablement la portée. Pour faire tenir en trois cents et quelques pages l'exposé d'un tel sujet, il faut — est-il besoin de le dire? — le posséder à fond ; on sait, au reste, assez que M. Nadal est de ceux à qui cela ne saurait se refuser. Grâce donc à sa pleine compétence, il a su faire tenir sous ce petit volume toute l'essence du vaste sujet qu'il avait accepté de traiter et il l'a fait avec une supériorité qui ne manquera pas de frapper les spécialistes. C'est, aujourd'hui, vérité banale de dire qu'il est bien plus difficile de ramasser en une exposition serrée les principes d'une science que d'en prolonger l'exposé à travers la foule des détails accessoires. Savoir ce qui peut être réduit et élagué sans rien retrancher d'essentiel de l'ensemble, c'est, en matière de littérature scientifique, le comble de l'art. Les volumes, très limités, comme étendue, de l'*Encyclopédie scientifique*, où cependant autant que possible rien ne doit être négligé de ce qui offre une véritable importance, fournissent

une belle occasion de mettre en relief de telles qualités d'exposition ; on a pu les louer déjà dans les volumes précédemment parus ; mais en aucun elles ne s'affirment avec plus d'éclat que dans celui de M. Nadal, qui mérite d'être cité comme un modèle.

Afin de ne rien omettre, dans les limites qui lui étaient assignées, de ce qui peut intéresser la locomotive moderne, l'auteur a pris hardiment son parti de réduire au minimum les développements historiques et la description des systèmes éphémères ; une courte mention par ci par là, et cela suffit. En revanche, rien n'a été laissé de côté des enseignements utiles à l'ingénieur d'aujourd'hui, enseignements rendus plus vivants par l'étude et la comparaison des procédés appliqués dans les divers pays.

Le volume se divise en cinq chapitres, les trois premiers descriptifs (chaudières — roues, châssis, suspension — mécanisme), les deux autres consacrés aux phénomènes dont la locomotive est le siège (mouvement et stabilité — puissance et rendement).

Après l'appréciation d'ensemble que nous venons de donner de l'ouvrage, nous en signalerons quelques points qui se recommandent par leur originalité. C'est ainsi qu'au Chapitre I, l'auteur a résumé dans les §§ 20 et 21 le résultat de ses recherches personnelles sur la combustion et la vaporisation dans les chaudières, recherches qui avaient pour but de dégager des essais de locomotives faits à l'Exposition de St Louis, dans le laboratoire installé par la Pensylvania Railroad, la réponse à la question suivante : pourquoi le rendement des chaudières de locomotives diminue-t-il quand l'intensité de combustion, c'est-à-dire le poids de combustible brûlé par mètre carré de grille, augmente ? Cette question, qui se posait naturellement à la suite du fait constaté par les ingénieurs américains, n'avait pas été résolue par eux. Se rencontrant en cela avec un ingénieur anglais M. Lawford H. Fry, dont les recherches (publiées alors que son ouvrage était en cours d'impression) sont complètement indépendantes des siennes, M. Nadal arrive à la conclusion que cette diminution de rendement est due, pour la majeure partie, à la non-combustion des hydrocarbures.

Dans les deux derniers chapitres, les questions traitées que, pour la plupart, on alourdissait bien inutilement jusqu'ici par des considérations plus ou moins étrangères, sont présentées sous une forme nouvelle, simplifiée. Des paragraphes entiers sont le fruit des recherches personnelles de l'auteur.

En ce qui concerne la circulation en courbe, il a simplifié et

complété les théories antérieures et revisé certaines erreurs assez répandues, notamment au sujet de la tendance au déraillement.

C'est à propos des oscillations d'un véhicule sur ses ressorts que M. Nadal a, plus particulièrement encore, apporté sa contribution personnelle à l'étude rationnelle des locomotives. C'est, on le sait, lui qui, le premier, est parvenu à établir la théorie mathématique de ces oscillations, parue en 1896 et 1897 dans les *Annales des Mines* et les *Annales des Ponts et Chaussées*. Il donne ici (§§ 53, 54 et 55) un excellent résumé de cette théorie pour en faire l'application à quelques types modernes de locomotive. Depuis lors, MM. Herdner et G. Marié ont apporté d'importantes contributions à cette théorie, le dernier surtout qui a découvert la loi de l'amortissement des oscillations des ressorts à lames. Mais, tandis que M. Marié a fait usage d'une méthode géométrique, élémentaire, il est vrai, mais longue et dont l'application devient parfois peu correcte (par exemple, en ce qui concerne les réactions latérales à l'entrée et à la sortie des courbes), M. Nadal traite la question par le calcul de façon beaucoup plus rapide et plus précise. A titre de particularité digne d'être retenue, notons qu'il établit rigoureusement que, contrairement à une opinion, d'allure au reste assez paradoxale, qui s'était répandue chez quelques ingénieurs, la surélévation du centre de gravité n'est nullement avantageuse au point de vue de la stabilité.

Dans le dernier chapitre, l'auteur se sert surtout des expériences qu'il a, depuis six ans, poursuivies sur une série de types de locomotives, et qui apparaissent comme une sorte d'application de ses recherches théoriques antérieures sur les pertes de vapeur par condensation sur les parois métalliques. Les expérimentateurs qui l'ont précédé dans cette voie, ne possédant que des connaissances insuffisantes sur cette question des condensations, n'avaient pu décomposer en leurs éléments les résultats trouvés relativement à la consommation de vapeur, ni, par conséquent, expliquer de façon satisfaisante les motifs des variations de ces résultats. C'est là notamment une des raisons pour lesquelles a existé pendant longtemps une grande diversité d'opinions relativement au compoundage dont l'effet est précisément d'atténuer ces condensations qu'on connaissait mal. Ces diverses questions sont analysées par M. Nadal de façon vraiment lumineuse ; on sera frappé notamment de la façon précise dont il apprécie les avantages et les inconvénients des machines compound.

Ainsi que l'auteur l'indique lui-même, les principales lignes de l'exposé relatif aux locomotives à vapeur surchauffée sont, en grande partie, empruntées aux Allemands qui ont été les premiers à appliquer ce nouveau système.

Il serait difficile, croyons-nous, de trouver un ouvrage plus condensé qui fût mieux adapté à la fois aux besoins de l'étudiant et à ceux du praticien.

PH. DU P.

IX

ARTILLERIE DE CAMPAGNE, par le lieutenant-colonel J. PALOQUE, Professeur à l'École supérieure de guerre. (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de mécanique appliquée et génie* de l'*Encyclopédie scientifique*). Un vol. in-18 jésus de 427 pages. — Paris, Doin, 1909.

A ceux qui s'étonneraient de voir l'*Encyclopédie scientifique* réserver une assez large place, dans sa *Bibliothèque de mécanique appliquée et génie*, à la technique militaire, on pourrait faire remarquer qu'elle répond ainsi au besoin nouveau qui pousse la partie pensante de chaque nation à vouloir connaître et apprécier les éléments de sa puissance militaire. Une telle tendance, en pleine période de paix, aurait lieu de surprendre si, conformément à sa définition, l'état de paix était la situation tranquille d'un peuple vivant amicalement avec tous ses voisins, sans arrière-pensée, n'ayant rien ni à leur envier ni à en redouter et dépensant toutes ses énergies physiques pour le seul accroissement de son bien-être matériel. Mais les événements les plus récents sont loin, il faut en convenir, d'acheminer l'Europe vers un pareil état. Qui n'a perçu, au contraire, la brutale révélation de l'imminence des plus graves conflits ? En dépit de nos siècles de civilisation, en dépit des belles théories de nos apôtres du pacifisme, qui ne sent que la guerre reste possible et même seule capable de solutionner certains problèmes par trop irritants ?

De là ce mouvement d'idées qui entraîne manifestement la masse du public à se renseigner d'une façon de plus en plus précise sur l'armée et sur les outillages qui permettraient au pays de défendre son sol ou d'imposer le respect de ses droits,

et, par voie de conséquence, pour l'*Encyclopédie scientifique*, l'obligation d'aborder la technique militaire à côté de celle du génie civil.

Dans cet ordre d'idées, le livre du lieutenant-colonel Paloque sur l'artillerie de campagne nous apporte les plus grandes clartés, et c'est bien au grand public qu'il s'adresse en même temps qu'au monde militaire. Sa lecture s'imposera à quiconque voudra aborder les hautes études de guerre.

L'auteur, doué d'un remarquable sens philosophique, s'est, au reste, efforcé de guider le lecteur non initié en n'exigeant de lui que le minimum d'effort, tout en évitant ce qui eût pu sembler inutile ou trop élémentaire aux spécialistes mêmes.

Après un rapide mais saisissant coup d'œil sur le passé, où il suit pas à pas les transformations du matériel et l'évolution des idées sur son emploi à la guerre, le lieutenant-colonel Paloque passe à l'étude des outillages modernes. Le but poursuivi dans l'établissement d'une arme est, avant tout, de la rendre efficace. L'auteur commence donc par démêler de quels éléments se compose cette efficacité, et c'est l'étude de ces divers éléments tenant au projectile, à la bouche à feu et au personnel qui le conduit à examiner, dans un ordre logique et, en quelque sorte, naturel, toutes les questions les plus intéressantes qui s'agitent en ce moment en matière d'artillerie. Cet examen ne va naturellement pas sans une comparaison entre diverses solutions émanant de différents pays, et il convient de noter que la critique de l'auteur tend à mettre en évidence l'avance gagnée, selon lui, et conservée jusqu'à ce jour par l'artillerie française sur celle des autres pays.

Abordant l'étude théorique et expérimentale du tir de l'artillerie, l'auteur commence par résumer, sous une forme remarquablement simple et claire, les notions empruntées au calcul des probabilités sans lesquelles, sur ce sujet, les idées restent fort confuses. L'examen des effets du tir de l'artillerie le conduit à nombre d'observations intéressantes et d'aperçus nouveaux qui pourront être matière à utile réflexion pour les spécialistes.

Le lieutenant-colonel Paloque se demande ensuite quelle est l'organisation la plus rationnelle à donner à l'artillerie pour accroître son rendement et assurer son harmonieuse liaison avec les autres armes. Cette question, toute d'actualité, est traitée de façon pour ainsi dire définitive dans un chapitre spécial où l'on trouvera notamment un exposé saisissant du problème, aujourd'hui si vivement débattu, de la batterie à 6 ou à 4 pièces, cette

dernière, pour des motifs très finement analysés, ayant la préférence de l'auteur.

Les points de vue les plus élevés en matière d'artillerie sont enfin abordés dans un dernier chapitre réservé à l'artillerie dans la bataille. Le sujet y prend toute son ampleur, et le lecteur, sous l'impression puissante de « la prochaine bataille » du général Bounal, y suit l'action de l'artillerie en liaison intime et concordante avec les autres armes : il y apprécie définitivement le rôle et l'importance de cette arme, et il en constate les effets sur les grandes masses de troupes et jusque dans le cœur même du soldat isolé. En développant ces intéressantes considérations, le lieutenant-colonel Paloque a fait la preuve que, chez lui, le psychologue est à la hauteur du technicien.

Le livre se termine par une annexe où se trouve résumé, de façon bien nette, l'état de la question du matériel d'artillerie des principales puissances.

C. B. G.

X

Fortification cuirassée, par L. Piarron de Mondesir, Lieutenant-Colonel du Génie breveté, Professeur à l'École supérieure de guerre (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de mécanique appliquée et génie* de l'*Encyclopédie scientifique*). Un vol. in-18 jésus, de 370 pages. — Paris, Doin, 1909.

L'ouvrage du lieutenant-colonel de Mondesir, dont la présence dans l'*Encyclopédie scientifique* se justifie par les mêmes raisons qui viennent d'être invoquées pour celui du lieutenant-colonel Paloque, fait, en quelque sorte, pendant à ce dernier, de même qu'à l'École supérieure de guerre de Paris se correspondent les enseignements des deux savants officiers.

Ce volume sur la *Fortification cuirassée* se divise, tout d'abord, en deux parties distinctes relatives l'une à l'évolution au XIXe siècle, l'autre au présent.

La première débute par un coup d'œil d'ensemble sur les idées directrices qui, à partir de 1815, se firent jour chez les ingénieurs des diverses nationalités et que vinrent successivement influencer les inventions de l'artillerie rayée, de la fusée à double effet, des explosifs brisants et du canon à tir rapide.

La crise des armes rayées, étudiée au Chapitre II, a imprimé à la fortification française les marques distinctives que voici : simplification des tracées ; flanquement bas par les caponnières ; épaississement des remparts et des masses couvrantes ; défilement des escarpes au quart ; défilement des communications ; organisation des ouvrages surtout pour en faire de puissantes batteries ; protection latérale et paradossement des pièces ; protection complète de certaines pièces par les cuirassements ; épaississement des massifs de terre et des voûtes des locaux et des magasins ; par contre, diminution des facultés de défense des ouvrages par les feux d'infanterie et non-utilisation de la nouvelle portée des armes portatives ; enfin, constitution d'une ceinture de forts détachés à 5 ou 6 kilomètres des places.

« A l'étranger, dit l'auteur, la même évolution se poursuit et revêt les mêmes caractères. Toutefois l'introduction, moins timide qu'en France, des cuirassements dans la fortification menace de révolutionner les formes des ouvrages. Profitant de l'invention de l'Anglais Coles, Brialmont en Belgique, Schumann en Allemagne préconisent l'emploi des engins cuirassés dans une large mesure et on peut dire que l'ère de la *fortification cuirassée* est ouverte à l'étranger avant que le grand branle-bas de l'obus-torpille soit venu consacrer (pour combien d'années ?) l'emploi du métal dans les organes de défense et donner à la fortification actuelle son caractère nouveau et tout particulier. »

A la crise de l'artillerie rayée succède celle des obus à balles et du tir plongeant, étudiée au Chapitre III, d'où résulte l'obligation soit de cuirasser les pièces, comme le préconisait Brialmont, soit de les sortir des ouvrages pour les placer dans les intervalles en les défilant, les cuirassant au besoin, ou même les rendant mobiles, comme le fait le commandant Mougin. Cette deuxième solution rallia plus ou moins tous les ingénieurs.

« Seul, au cours de cette période, dit l'auteur, Schumann conçut un système neuf entièrement fondé sur l'emploi des cuirassements. Mais, lorsqu'il s'agit de transformation des places existantes, lui aussi se rallia à la deuxième solution et imagina, du premier coup, une série de dispositions qui devaient avoir leur application plus tard. »

L'apparition des explosifs brisants faisait naître enfin la crise des obus-torpilles qui sembla, un instant, mettre en question l'existence même de la fortification. Dans les chapitres IV et V, le lieutenant-colonel de Mondesir en décrit de façon saisissante les phases successives en France d'abord, puis à l'étranger. En

France où, d'après l'auteur, la question de l'emploi tactique des cuirassements, envisagée à un point de vue d'ensemble, n'a pas été suffisamment étudiée pendant cette période, en dépit des remarquables études du commandant Mougin, diverses réformes furent néanmoins la conséquence de cette crise et notamment, pour nous en tenir au côté technique : la recherche de la meilleure tourelle au point de vue du mécanisme et de la résistance ; le bétonnage des locaux ; le remaniement des parapets et des profils ; le système d'organisation et de protection des pièces destinées à flanquer les intervalles et placées dans les points d'appui (anciens et nouveaux ouvrages).

A l'étranger, la même crise aboutissait à trois systèmes principaux : celui de Brialmont, qui s'efforce de rester fidèle au fort, organe principal du combat ; celui de la séparation pure et simple, comme en France, avec cuirassements (Allemagne) ou sans cuirassements (Russie) ; enfin un système mixte appliqué en Autriche.

Dans un dernier et court chapitre, l'auteur résume l'évolution qui a signalé le XIXe siècle.

Dans la seconde partie il fait une étude approfondie et sagace du présent en commençant par décrire les organisations actuelles de la France d'abord, de l'étranger, et principalement de l'Allemagne, ensuite. A propos de l'agrandissement d'Anvers, il montre comment les idées de Brialmont ont évolué chez son disciple le major Deguise.

Dans un chapitre étendu, d'allure plus technique, il donne sur les cuirassements tous les détails, logiquement coordonnés, qui auraient par trop alourdi l'exposé précédent des vues d'ensemble. A la suite de données générales, parmi lesquelles celles qui se rapportent au choix des matériaux sont particulièrement intéressantes, l'auteur fournit de précieux renseignements sur les principaux engins cuirassés actuellement en service en France (casemates cuirassées et coupoles Mougin ; tourelle Galopin ;...) et à l'étranger (affût cuirassé et tourelle Schumann ; tourelle belge ;...)

La fortification cuirassée en montagne et les cuirassements dans l'organisation militaire des côtes font l'objet de deux chapitres spéciaux.

En résumant, dans un chapitre à part, tout ce qu'il a dit précédemment du présent, le lieutenant-colonel de Mondesir discerne comme véritable nouveauté du XXe siècle la conception des « feste » de Metz, c'est-à-dire des grands forts à éléments

dispersés, véritables petites forteresses, satellites de la grande. Du siège de Port-Arthur, il dégage des enseignements du plus haut intérêt de nature à donner confiance dans le rôle des places cuirassées modernes.

Dans un dernier chapitre, il donne un aperçu des idées nouvelles qui se font jour actuellement en France, mais qui n'ont pas encore reçu d'applications, et construit un schéma suggestif de l'évolution des organisations de places fortes pour conclure au retour probable à la conception tactique de la place à forts détachés, mais alors à la *place à groupements,* avec utilisation raisonnée des cuirassements.

La critique personnelle, partout mêlée, dans l'ouvrage du lieutenant-colonel de Mondesir, à la description des engins, contribue, au reste, à lui imprimer le cachet scientifique.

C. B. G.

XI

Der Bericht des Simplicius über die Quadraturen des Antiphon und des Hippokrates. Griechisch und deutsch von Ferdinand Rudio. Mit einem historischen Erläuterungsberichte als Einleitung. Im Anhang ergänzende Urkunden, verbunden durch eine Übersicht über die Geschichte des Problemes von der Kreisquadratur vor Euklid. Mit 11 Figuren im Texte. Un vol. in-12, de x-184 pages (1). — Leipzig, Teubner, 1907.

La plupart de nos données sur les travaux des premiers mathématiciens grecs semblent provenir originairement d'Eudème de Rhodes, disciple d'Aristote. C'est, pour ainsi dire, le seul auteur nommément invoqué par les écrivains hellènes qui parlent de l'état des mathématiques avant Euclide. Malheureusement les travaux d'Eudème sont perdus et à peine quelques fragments épars en subsistent-ils encore. Patiemment réunis par Spengel, ils furent édités par lui, à Berlin, une première fois en 1865, puis de nouveau en 1870, sous le titre : *Eudemii Rhodii peripatetici fragmenta quae supersunt.* Mullach les a reproduits sans modification, en 1881, au tome III des *Frag-*

(1) C'est le premier volume de la collection intitulée : Urkunden zur Geschichte der Mathematik im Altertume.

menta philosophorum graecorum de la grande collection des classiques grecs de Didot.

L'un de ces fragments les plus notables nous a été conservé par Simplicius, dans sa *Relation sur les quadratures d'Antiphon et d'Hippocrate*. Simplicius va nous donner, dit-il, le texte même du second livre des *Histoires géométriques*; mais à cause de la forme abrégée de l'exposition d'Eudème, il y joindra, ajoute-t-il, des éclaircissements renvoyant aux *Eléments* d'Euclide.

Regrettons-le, car les additions de Simplicius sont, aujourd'hui, bien difficiles à distinguer du texte original. En outre, le malencontreux commentateur a-t-il exactement observé jusqu'au bout sa promesse de nous donner Eudème mot pour mot, κατὰ λέξιν? C'est loin d'être sûr. Il y a donc là un problème capable de tenter tous ceux qui sont à la fois hellénistes et mathématiciens. Aussi la reconstitution du texte d'Eudème a-t-elle fait, depuis un demi-siècle, l'objet de travaux nombreux et fort savants. Les érudits les plus en vue, Diels, Usener, Allman, Tannery, Heiberg, Schmidt et enfin Rudio se sont, on le sait, tour à tour, occupés de la question. Mais pour apprécier à sa valeur le *Bericht des Simplicius*, dernière étude de M. Rudio sur Eudème, il me faut rappeler brièvement les essais antérieurs.

La Relation de Simplicius sur les quadratures d'Antiphon et d'Hippocrate fait partie intégrante de son *Commentaire sur la Physique d'Aristote* imprimé pour la première fois à Venise, en 1526, par Alde Manuce sous le titre de *Simplicii commentarii in octo Aristotelis physicae auscultationis libros, cum ipso Aristotelis textu* (1). La Relation sur les quadratures y passa inaperçue. Avouons-le, le texte de toute cette partie du *Commentaire* de Simplicius était des plus défectueux et, par suite, difficile à comprendre. En réussissant à lui donner, le premier, un sens à peu près acceptable, Bretschneider eut le mérite d'appeler par là sur lui l'attention. Il réédita le texte grec dans son bel ouvrage *Die Geometrie und die Geometer vor Euklides* (2) et l'accompagna d'une traduction allemande. C'était sans doute un progrès, et même un progrès considérable, mais encore loin, toutefois, de la perfection. Bretschneider ne se proposa pas du tout de donner une édition critique ; il reproduisit purement et

(1) A la dernière page : *Venetiis in Aedibus Aldi, & Andreae Asulani Soceri Mensae* (sic) *Octobri M.D.XXVI.* La Bibliothèque Royale de Belgique en possède un exemplaire coté V. H. 5148.

(2) Leipzig, Teubner, 1870. Le texte de Simplicius et sa traduction en regard se trouvent pp. 100-121.

simplement Alde Manuce en se contentant d'y corriger quelques fautes évidentes. Quant à sa traduction, elle est pénible, souvent obscure, et contient même d'incontestables contresens. N'importe, malgré ces lacunes le progrès réalisé par le professeur de Gotha était cependant assez grand pour décider M. Maurice Cantor à s'en tenir aux idées de Bretschneider dans les deux premières éditions du tome I de ses *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*.

Quelques années plus tard, en 1882, le texte de la Relation des Quadratures d'Antiphon et d'Hippocrate reçut de nouvelles et importantes corrections, dans l'édition du *Commentaire* de Simplicius publiée à Berlin par M. H. Diels (1). La manière dont fut fait le départ entre les extraits d'Eudème et les ajoutes de Simplicius a une histoire qui ne manque pas d'intérêt. En voici le résumé d'après Paul Tannery (2).

Les contresens commis par Bretschneider dans sa traduction avaient eu pour effet de l'induire en d'assez graves erreurs. Ils lui firent attribuer à Hippocrate des passages de Simplicius qu'en bonne critique on doit croire bien plutôt écrits par Eudème. « Cependant, dit Paul Tannery, un mathématicien anglais, Georges Johnston Allman, poursuivant une série d'études sur la géométrie grecque publiées dans l'*Hermathena*, reconnaissait l'inconsistance des conclusions de Bretschneider. Il essaya de traduire le texte d'Eudème seul, et, pour le distinguer de celui de Simplicius, il fit usage d'un critérium sur lequel l'attention doit être appelée.

» Pour désigner la droite AB, le point K, tous les Grecs depuis Euclide disent ἡ AB, τὸ K. Dans le fragment de Simplicius, on trouve accidentellement les désignations ἡ ἐφ' ᾗ AB, τὸ ἐφ' ᾧ K, (la *droite* sur laquelle AB, le *point* sur lequel K). Bretschneider crut reconnaître là l'antique façon de parler d'Hippocrate et la distingua de celle d'Eudème.

» Mais ces mêmes formes se retrouvent couramment cent ans après Hippocrate, chez Aristote. Il est donc beaucoup plus

(1) *Simplicii in Aristotelis physicorum libros quattuor priores commentaria*, edidit Hermannus Diels, Berolini, Reimer, 1882. Ce volume est le tome IX de la grande collection des *Commentaria in Aristotelem Graeca* publiée par l'Académie de Berlin. La Relation de Simplicius se trouve pp. 54-69.

(2) *Le fragment d'Eudème sur la quadrature des Lunules*. MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES DE BORDEAUX, 2e sér., t. V. Paris et Bordeaux, 1883, pp. 213-215.

logique d'essayer de s'en servir pour distinguer le texte d'Eudème de celui de Simplicius. »

Guidé par ce critérium, Allman arriva à une reconstitution du texte d'Eudème, en somme, assez satisfaisante. Son travail présentait les imperfections inévitables à un premier essai, mais une bonne partie de la besogne était néanmoins faite par lui. Paul Tannery entra alors en correspondance avec le savant anglais pour lui présenter des objections de détail, mais sur ces entrefaites l'éminent helléniste français était amené à s'occuper plus activement de la question.

« Un savant philologue allemand, dit-il, Hermann Diels, poursuivant une tâche laissée inachevée par la mort d'Adolf Torstrik, avait entrepris une édition critique du Commentaire de Simplicius, et la collation des manuscrits lui permettait, en particulier pour le fragment qui nous occupe, des corrections de la plus haute importance, et une restitution du texte aussi parfaite que possible. S'attachant d'ailleurs, en thèse générale, à bien discerner les citations faites par Simplicius, il crut pour le passage mathématique d'Eudème devoir consulter M. Usener, de l'Université de Bonn, qui avait, de son côté, autrefois étudié le passage.

» En employant le même critérium que M. Allman, mais en l'appliquant moins rigoureusement, M. Usener arriva de son côté, d'accord avec H. Diels, à une restitution sur laquelle il me consulta à mon tour, en me soumettant les épreuves de l'édition en préparation.

» Si les savants allemands maintenaient comme d'Eudème, à tort selon moi, des phrases que M. Allman laissait à Simplicius, il se trouvait que, par contre, ils retranchaient du texte de l'*Histoire géométrique* à peu près tout ce que je demandais alors au mathématicien anglais de ne pas y conserver. J'étais donc, par ce double désaccord même, confirmé dans mes vues propres, et je pus effectuer avec plus d'assurance que je ne l'aurais fait autrement la revision qui m'était demandée.

» Les changements que son accueil par M. Diels aurait entraînés dans le texte même qu'il avait déjà arrêté, eussent été trop considérables pour un volume dont l'impression s'achevait. Mais le savant éditeur a inséré dans un second supplément à la préface, mes notes et observations qui s'étendent au reste à tout le passage de Simplicius. »

Préparé par ces correspondances, éclairé par toutes ces discussions, Paul Tannery publia lui-même, dans les Mémoires de

LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES DE BORDEAUX, une de ces études magistrales dont il possédait le secret, le *Fragment d'Eudème sur la quadrature des lunules* (1). Ce travail comprend : la publication du texte du fragment d'Eudème seul, débarrassé de tout ce qui appartient à Simplicius ; la traduction littérale de ce fragment ; quelques observations pour en faciliter l'intelligence ; enfin le développement des opinions de Tannery sur les points où son avis n'était pas partagé par ceux qui lui avaient frayé la route.

L'érudit éditeur d'Archimède, d'Euclide, d'Apollonius et de Ptolémée, M. J. L. Heiberg, fit à son tour connaître, en 1884, son avis sur l'ensemble de la question, au tome 43 de PHILOLOGUS (2) ; puis le débat s'assoupit pendant dix-huit ans. Eudème et Hippocrate en sortaient avec la réputation de savants de premier ordre ; quant à Simplicius, il semblait n'être qu'un maladroit.

Notons cette dernière conclusion ; elle va faire l'objet principal de la discussion nouvelle.

Le feu reprit, en 1902, par un article de M. Rudio publié dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA : *Der Bericht des Simplicius über die Quadraturen des Antiphon und des Hippokrates* (3). Ce travail, très méritoire et de prime abord fort remarqué, était divisé en trois parties. Dans l'Introduction, le professeur de Zurich, cherchait avant tout à réhabiliter la mémoire de Simplicius. Personne ne songeait à révoquer en doute la valeur de Simpli-

(1) 2e sér., t. 5. Paris et Bordeaux, 1883, pp. 211-236. Tannery avait déjà publié antérieurement sur le même sujet :

Hippocrate de Chio et la quadrature des lunules, MÉM. DE LA SOC. DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES DE BORDEAUX, 2e série, t. 2. Paris et Bordeaux, 1878, pp. 179-184.

Sur les fragments d'Eudème de Rhodes relatifs à l'histoire des mathématiques. ANNALES DE LA FACULTÉ DES LETTRES DE BORDEAUX, t. 4, Bordeaux, 1882, pp. 70-76.

Plus tard, en 1886, il donna encore : *Hippocrate de Chios.* BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES, 2e sér., t. 10, Paris, 1886, 1e part., pp. 213-226. Ce dernier travail ne renferme cependant plus aucune discussion sur la critique et l'établissement du texte. Il forme le ch. 8, du volume intitulé : *La géométrie grecque. Comment son histoire nous est parvenue et ce que nous en savons.* Essai critique par Paul Tannery. Paris, Gauthier-Villars, 1887, pp. 108-120.

(2) *Griechische und römische Mathematik. Jahresbericht.* Von J. L. Heiberg. PHILOLOGUS. ZEITSCHRIFT FÜR DAS KLASSISCHE ALTERTHUM, t. 43, Goettingen, 1884, pp. 321-346, 467-522. Le compte rendu critique de la restitution de Tannery se trouve pp. 337-344.

(3) 3e sér., t. 3. Leipzig, 1902, pp. 7-62.

cius, comme philosophe ; d'après M. Rudio, sa compétence comme géomètre ne serait pas moindre.

Après l'Introduction, venait la traduction allemande du texte de Simplicius. La relation sur les quadratures d'Antiphon et d'Hippocrate y est donnée en entier. M. Rudio y distingue les passages empruntés, selon lui, par le commentateur d'Aristote à l'*Histoire géométrique* d'Eudème, en imprimant ces passages en caractères italiques. Pour faire le départ des textes d'Eudème et de Simplicius, l'auteur s'écarte assez notablement du critérium d'Allman admis jusque-là.

La troisième partie contient des notes et commentaires. Nous y trouvons des renseignements importants et fort curieux sur l'histoire de la quadrature du cercle avant Euclide ; mais je ne m'y arrête pas.

Obtenir l'unanimité des suffrages dans une question où la part laissée aux conjectures est nécessairement si large eût été chose difficile, disons mieux, impossible ; aussi M. Rudio ne la rencontra-t-il pas. Tout en s'accordant dans leurs éloges adressés à l'érudition de l'auteur, les savants les plus autorisés parlèrent de ses conclusions dans des sens assez opposés.

L'éminent éditeur des œuvres de Héron, Wilhelm Schmidt (1), se rallia franchement à l'avis de son collègue de Zurich ; quant à Paul Tannery, malgré une critique très louangeuse, il maintint au contraire ses principales conclusions antérieures (2).

C'est tout bénéfice pour la science que ces vues divergentes ; ces discussions entre spécialistes se poursuivant avec un pareil calme et une si vaste érudition ! Malheureusement Wilhelm Schmidt et Tannery sont morts prématurément ! M. Rudio a donc dû continuer, à peu près seul, l'étude de la célèbre Relation de Simplicius sans pouvoir compter sur l'aide de ces deux critiques si clairvoyants. Avant de publier l'édition actuelle, il l'a cependant préparée par trois articles préliminaires : *Zur Rehabilitation des Simplicius* donné dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA (3) ; *Notizen zu dem Berichte des Simplicius* et *Die Möndchen des Hippokrates,* parus dans le VIERTELJAHRSCHRIFT DER NATUR-

(1) *Zu dem Berichte des Simplicius über die Möndchen des Hippokrates.* BIBLIOTHECA MATHEMATICA. 3e sér., t. 4, Leipzig, 1903, pp. 118-126.

(2) *Simplicius et la quadrature du cercle.* BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e sér., t. 3, Leipzig, 1902, pp. 342-349.

(3) 3e sér., t. 4, Leipzig, 1903, pp. 13-18.

FORSCHENDEN GESELLSCHAFT IN ZÜRICH (1). Les deux premières de ces études consistent surtout en remarques philologiques et critiques sur le texte grec de l'édition de Diels. Quant à la troisième, la plus intéressante peut-être des trois, elle contient d'après les idées de M. Rudio, mais dans une traduction allemande seulement, la reconstitution du texte d'Eudème débarrassé de toutes les additions de Simplicius. C'est on ne peut plus curieux. Un vrai prodige d'érudition et de sagacité ! Mais nous avons déjà dit combien tout essai de ce genre reste néanmoins nécessairement conjectural et aléatoire.

Après tant de travaux préparatoires, il était temps d'en condenser les conclusions dans un volume d'ensemble. C'est ce qu'a compris M. Rudio. Il nous y donne tout d'abord une édition critique du texte grec de la Relation entière de Simplicius sur les quadratures d'Antiphon et d'Hippocrate. En regard il y joint une traduction allemande aussi littérale que possible. Dans le grec comme dans l'allemand, les passages empruntés par Simplicius à Eudème sont imprimés en caractères distincts. En note, nous trouvons les principales variantes de l'édition de Diels, mais les discussions philologiques ayant servi à l'établissement du texte sont omises, l'éditeur se contentant d'indiquer les passages de ses travaux antérieurs où on peut les retrouver. En revanche, nous avons à la fin de l'ouvrage un « Index Graecitatis » des plus complets. M. Rudio espère, dit-il, trouver des lecteurs chez les mathématiciens. Il écrit pour eux et a cru, avec raison, leur rendre service, en ne craignant pas trop d'encourir le reproche de pécher par excès d'indications.

Le texte est précédé d'une « Introduction ». Outre un résumé historique, M. Rudio y analyse la Relation de Simplicius au point de vue mathématique et philosophique. M. Cantor s'étant complètement rallié aux idées de M. Rudio, je puis glisser rapidement sur ce sujet. Je prie donc le lecteur de bien vouloir se reporter pour plus de renseignements à la 3e édition du tome I des *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*. Le chapitre concernant Eudème et Hippocrate y a été remanié complètement.

Après le texte de Simplicius, M. Rudio nous donne encore un « Appendice » consacré à divers points de l'histoire des essais de la quadrature du cercle antérieurs à Euclide. Il est divisé en trois petits chapitres : I. Importance du problème de la quadra-

(1) T. 50, Zurich, 1905. Le premier article se trouve pp. 213-223 ; le second pp. 177-200 avec une addition, p. 224.

ture du cercle dans l'histoire des mathématiques. II, La quadrature du cercle chez les Égyptiens. III, La quadrature du cercle chez les Grecs jusqu'à Euclide. 1, Premiers essais. Anaxagore. 2, Hippocrate. 3, Antiphon. 4, Le passage de Jamblique sur la quadrature du cercle. La quadratrice.

Le volume de M. Rudio se ferme sur une « Table des noms propres ».

H. Bosmans, S. J.

XII

G. Sergi. Europa. *L'origine dei popoli europei e loro relazioni coi popoli d'Africa, d'Asia e d'Oceania.* Con 173 figure nel testo e 62 tavole. In-8°, pp. xxi-652. — Milano, Torino, Roma, Fratelli Bocca, 1908.

Est-il téméraire de penser qu'après un demi-siècle de recherches et d'études, les trouvailles en sont assez copieuses et les résultats assez précis pour tracer le tableau complet et jusqu'à un certain point suffisamment définitif de nos connaissances sur l'ethnographie et l'anthropologie des peuples de l'Europe ? Quoi qu'il en soit de la réponse individuelle que l'on pourrait donner à cette question, M. G. Sergi, professeur d'anthropologie à l'Université de Rome, n'a point cru trop présumer de ses forces pour tenter pareille entreprise. Au demeurant, il est un de ceux qui étaient le mieux qualifiés pour essayer cette œuvre, car voilà vingt-cinq ans qu'il multiplie les travaux relatifs à l'étude de l'origine des populations européennes.

Le grand ouvrage de M. Sergi se divise en trois parties. Dans la première, qui tient la moitié du volume, est examinée l'ethnographie de l'Europe à l'époque préhistorique, tant à la période paléolithique qu'aux âges néolithiques. La seconde partie détermine l'apport des races asiatiques et africaines pour la formation des peuples européens, et la troisième est exclusivement consacrée au peuplement de l'Europe par les Aryas.

Avant d'étudier les habitants, M. Sergi s'occupe du pays et le premier chapitre essaie de décrire la formation du continent européen. En somme, nous n'avons ici que le commentaire, fort exact d'ailleurs, de quinze cartes dressées par Lapparent (1) et

(1) Publiées dans son *Traité de Géologie*, 5e édition, Paris, 1901.

de trois de M. De Geo pour rendre compte de la configuration de l'Europe aux diverses périodes géologiques.

Dans le second chapitre, l'auteur brûle une chandelle à l'hypothèse des évolutionnistes et croit indispensable de déterminer quelle fut en Europe la distribution géographique des mammifères et particulièrement de ceux de l'ordre des Primates. A notre avis, ce chapitre, assez court du reste, est un véritable hors-d'œuvre. Surtout, nous croyons que pour établir l'anthropologie de l'Europe, on peut parfaitement se passer du *Pithecanthropus erectus*.

Le troisième chapitre est intitulé : l'*uomo europeo*. C'est celui dont on a trouvé les restes à Néanderthal, Spy, Krepina, Schipka, La Naulette, Arcy-sur-Cure, Malarnaud et Taubach. M. Sergi résume, d'après les auteurs qui ont fait ou décrit les découvertes, les caractères de cette première race européenne. Il croit que cette première couche anthropologique est d'une autre espèce que les populations subséquentes. Pour asseoir cette étrange conviction, il examine successivement l'origine et la descendance de l'*Homo europaeus* et ses relations morphologiques et phylogénétiques avec les Anthropoïdes.

Ici encore, nous sommes en pleine théorie évolutionniste. M. Sergi pense que les races du quaternaire, qui du reste ont dû exister dès l'époque tertiaire, bien qu'on n'ait trouvé aucun indice péremptoire, appartenaient encore au genre des précurseurs de l'homme. Tout cela est rêverie pure et rien de moins démontré que ces prétendus ancêtres de l'homme.

Après les types de Néanderthal et de Spy, apparaissent pendant le quaternaire moyen, les crânes d'Egisheim, de Galley-Hill, de Brünn et de Predmost, pour ne point parler de la découverte douteuse de Briix.

Ce nouveau type diffère complètement de ses prédécesseurs et n'en dérive pas ; d'ailleurs, M. Sergi admet que l'homme de Néanderthal-Spy, qu'il place très arbitrairement parmi les primates, disparut avec eux. D'où venait donc ce second afflux de populations européennes qu'on signale à l'époque du quaternaire moyen ? M. Sergi croit que ce second rameau des peuples européens vint d'Afrique et qu'il est une espèce de l'*Homo africus* émigré en Europe de l'Afrique. Il semble qu'il y ait eu deux courants successifs d'immigration ; le premier nous est connu par les quatre exemplaires que nous avons cités ; le second a pour représentants les crânes de Chancelade, trois de Langerie-Basse, deux de Barma Grande et celui de la grotte des Enfants.

Après avoir essayé de pénétrer le mystère des races paléolithiques en Europe, avec beaucoup d'hypothèses, comme on voit, M. Sergi cherche à retrouver quelles furent à la même période la civilisation et l'industrie européennes. A la division classique en âge paléolithique ou néolithique l'auteur ajoute entre les deux une époque mésolithique et, s'inspirant des idées de M. Rutot, qu'il fait du reste connaître en détail, il adopte aussi une période éolithique. Celle-ci commence au pliocène et dure jusqu'à la fin du quaternaire inférieur. Bien que des recherches systématiques n'aient pas encore été faites en Italie, en Espagne et en Grèce, et que pour ces régions M. Sergi appelle de tous ses vœux un explorateur comme M. Rutot, l'auteur croit pouvoir appliquer à toute l'Europe les vues du géologue belge. C'est peut-être aller un peu vite en besogne, car l'accord est loin d'être fait sur ces questions.

En ce qui concerne les premières manifestations de l'art et de l'industrie en Europe, M. Sergi résume surtout les travaux de Piette et en présente les résultats dans son texte comme dans les nombreuses figures qui l'accompagnent. Il insiste surtout sur les inscriptions variées qui peuvent être considérées comme les débuts de l'écriture. M. Sergi montre comment les découvertes se concilient parfaitement avec sa théorie de la migration d'Afrique en Europe des races qui ont suivi les premières populations. L'écriture linéaire des galets du Maz d'Azil a un rapport intime avec ceux de l'Égypte préhistorique. De plus, dans les grottes de Menton, dans celles de la Vézère et ailleurs, on a trouvé des documents artistiques du type africain.

M. Sergi se demande ensuite quand l'homme est apparu en Europe ; en d'autres termes, s'il est possible de fixer la chronologie humaine sur notre continent. Ce n'est pas d'aujourd'hui que ce problème tente la curiosité des ethnographes. Des solutions très variées ont été données et l'accord est loin de régner sur ce point. Après avoir résumé les idées de Geikie, Penck, Schweizerbild, Kesslerloch, Mortillet et Chantre, M. Sergi se rallie, avec certaines modifications, aux idées de Penck. C'est à la deuxième phase ou pendant la seconde époque interglaciaire que l'homme aurait fait son apparition sur le sol européen, concurremment avec l'*Elephas antiquus* et le *Rhinoceros Merekii*.

Nous voici arrivé au Chapitre X de l'auteur, qui s'occupe de l'homme néolithique. Les documents abondent maintenant, et l'auteur est bien obligé de parcourir les différents pays pour les examiner en détail. Voici pourtant quelques traits généraux. C'est

toujours la race eurafricaine qui fournit l'appoint des nouvelles couches de populations. Sans doute, on peut établir des variétés et des sous-variétés ; mais l'unité typique demeure et la convergence des caractères physiques primaires des peuples néolithiques de l'Europe qui ont habité le bassin de la Méditerranée avec ceux des Égyptiens primitifs, des Libyens et d'autres races africaines, démontre à l'évidence que les populations néolithiques d'Europe vinrent d'Afrique. Des catalogues des crânes de cette époque pour la France, l'Allemagne, la Suède, les Iles britanniques, la Suisse, la Russie, l'Italie, la Libye, l'Égypte établissent par des statistiques très bien faites la preuve des identités anthropologiques dont nous parlons.

L'industrie et la civilisation progressent considérablement en Europe à l'âge néolithique. C'est l'époque des cités lacustres, des tombes monumentales ; la pierre s'affine, la poterie devient d'usage courant, des ornements de tous genres attestent l'éveil de la coquetterie humaine, masculine et féminine. C'est sur le tableau sommairement présenté de ces progrès que se clôt la première partie du livre de M. Sergi.

Dans les sépultures de la fin de la période néolithique, on rencontre un type nouveau, facile à distinguer par la forme du crâne et celle de la face, absolument différent de l'homme eurafricain. Cette immigration vient d'Asie et, à côté des Eurafricains des anciennes périodes, M. Sergi reconnaît des Eurasiens. Mais pour déterminer exactement le troisième élément de la population européenne, il est indispensable de se rendre compte de l'anthropologie asiatique. Dans une certaine mesure, sans doute ; mais on peut se demander si M. Sergi n'a pas poussé un peu loin cette analyse, car elle prend le tiers de son livre, au point que le titre *Europa* en est bien oublié pendant longtemps. Il règne aussi quelque confusion dans cet exposé touffu, et il n'est pas toujours aisé de suivre l'auteur à travers toutes les ramifications du problème.

Exception faite de certaines races que l'on sait être arrivées plus tard en Asie, la population de ce continent doit être divisée en deux races principales. La première était répandue dans l'Asie septentrionale et centrale de l'ouest à l'est, y compris le Japon ; l'autre occupait le sud du continent.

Nous ne suivrons pas M. Sergi dans tous les détails de ses longues recherches sur les relations anthropologiques de l'Asie avec l'Europe et avec l'Afrique. Ces recherches se sont même étendues aux rapports de l'Afrique et de l'Asie avec les habitants

des îles de l'Océan Pacifique. Aucune discontinuité ne se constate depuis l'Europe jusqu'au Pacifique, et de l'Europe au centre de l'Asie. On sait que de la race européenne il y a des variétés jusqu'aux îles Sandwich et la Nouvelle-Zélande, et de l'homme asiatique nous possédons en Europe un rameau de formation nouvelle, la race Eurasique qui est un produit de croisement de l'homme asiatique avec les Eurafricains. Les Eurasiques ont commencé leur mouvement d'immigration vers l'Occident à l'époque néolithique. Infiltration lente et pacifique, qui fut déterminée ou par les mouvements des peuples de l'Asie centrale, ou bien par des changements dans les conditions climatériques du plateau de Pamir et de la région transcaspienne.

Cette invasion à des périodes successives et non interrompues, fut d'une extraordinaire extension. Elle pénétra dans toutes les parties de l'Europe, du sud au nord, de l'orient à l'occident. Les Eurasiques arrivèrent du sud et par les régions méditerranéennes pénétrèrent en Espagne, en Italie, en Grèce. Le territoire de la France comme la Germanie méridionale et la Suisse furent complètement envahis, tandis qu'au nord, en Scandinavie et dans les Iles britanniques l'occupation eurasique fut moindre. Les occupants de l'époque paléolithique semblent s'être réfugiés aux extrémités du continent européen. Par l'introduction de ces éléments asiatiques, les usages, les mœurs, l'industrie et la langue furent profondément modifiés.

Ici se pose le fameux problème des Aryas que M. Sergi a du reste abordé, il y a cinq ans, dans un ouvrage spécial *Gli Arii in Europa e in Asia*, *1903*. Et voici comment l'auteur le solutionne. Les populations dites aryennes, indoeuropéennes ou indo-germaniques furent précisément les nouveaux arrivants de l'Asie dont nous venons de parler. Toutefois, s'ils importèrent en Europe les langues aryennes, ils ne furent pourtant pas les créateurs d'une civilisation nouvelle. Au point de vue anthropologique, les Aryas sont plutôt brachycéphales, les Tadjiks et les Galtchas de l'Asie centrale en ont gardé les caractères avec le plus de pureté. M. Sergi croit donc pouvoir contester que les dolichocéphales blonds de la Germanie et de la Scandinavie, eux aussi du reste émigrés de l'Asie, importèrent la langue et la civilisation aryennes.

On le voit, nous voici revenus aux anciennes théories sur le berceau des Aryas. Depuis quelques années une hypothèse nouvelle était en grande faveur, l'origine européenne des peuples dits aryens. M. Sergi l'examine à nouveau et en réfute les prin-

cipaux arguments. A ce propos, qu'il nous soit permis de signaler les intéressantes découvertes de M. Hugo Winckler (1). Une des objections fondamentales des tenants de la théorie européenne des Aryas était que l'on ne pouvait signaler aucun contact entre eux et les Sémites, contact qui eût pourtant dû être constaté si les Aryas étaient venus d'Asie. Or sur une inscription hittite du xve siècle avant notre ère, on a lu les noms des divinités persanes et hindones, Mithra, Varuna, Indra et Nâsatya.

Incidemment l'auteur s'occupe de la question de l'unité du langage. Il est polygéniste, comme il le déclare lui-même et par conséquent, tout en admirant beaucoup la science du professeur Trombetti de Bologne, il fait certaines objections à sa thèse. Toutefois les deux premières ne nous paraissent pas fort péremptoires. Le point de savoir si affinité, parenté, généalogie désignent en linguistique un seul phénomène n'est pas si important que le pense M. Sergi, et la comparaison qu'il fait avec le règne animal cloche un peu. D'autre part encore, si M. Trombetti croit avoir besoin de 30 à 50 mille ans pour calculer les déterminations linguistiques, il ne semble pas que la date de 100 mille ans que M. Sergi réclame pour l'apparition de l'homme soit de nature à gêner beaucoup la théorie de M. Trombetti.

Les autres observations de détail portent sur des points secondaires et des explications particulières, qui ne battent pas en brèche le système du savant professeur de l'Université de Bologne. M. Sergi est, au contraire, convaincu qu'ayant montré la distribution géographique et la filiation des races comme un tout continu et non interrompu, il a frayé les voies à l'opinion de l'unité du langage, qui serait bien plus malaisée à démontrer au cas de races désagrégées et sans lien entre elles. Les rapports anthropologiques sont certes de nature à mieux expliquer les affinités linguistiques.

Quoi qu'on puisse penser des résultats des travaux de M. Trombetti (2), il était curieux de noter ce qu'en pense M. Sergi. Il est

(1) Mittheilungen der Deutschen Orientgesellschaft, n^r 15, *Vorläufigen Nachrichten über die Ausgrabungen in Boghazkiöi in Sommer 1907*. Cf. les observations sur cette découverte par M. Édouard Meyer, *Das erste Auftreten der Arier in der Geschichte*, dans Sitzungsberichte der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften, Berlin, 1908, fasc. I, pp. 14-19.

(2) A ceux que la question intéresse plus spécialement, nous renvoyons au savant travail du R. P. Paul Peeters, bollandiste, dans la Revue Apologétique, Bruxelles, 1906, t. VIII, pp. 411-19. Citons la conclusion de cette remarquable étude, qui n'est peut-être pas assez connue. « Si l'unité première

bien près d'accorder créance à son collègue de l'Université de Bologne, tout en cherchant à sauver sa foi de polygéniste.

Si la population européenne à l'époque néolithique vint d'Asie, il faut pourtant distinguer dans l'apport des progrès qui, à cette période, se manifestent dans la civilisation, des facteurs divers. L'avant-dernier chapitre du livre de M. Sergi s'occupe de cet objet. Dans son exposé, il attache, avec raison, grande importance au rôle joué par l'île de Crète et demeure convaincu que le principal foyer de la civilisation nouvelle importée en Europe fut le bassin de la Méditerranée.

Comme on le voit, par l'analyse que nous avons faite de l'ouvrage de M. Sergi, c'est avant tout l'anthropologie de l'Europe préhistorique qu'il cherche à débrouiller. Dans un dernier chapitre, il essaie pourtant de raccorder les populations actuelles avec les races anciennes. Il reconnaît deux variétés de l'homme eurafricain, le type nordique et le méditerranéen, des descendants de l'homme eurasique et des métis de ces deux races. Toutes les autres différenciations, celles qui pourront faire des nations diverses, ne sont point du domaine de l'anthropologie.

Deux bonnes tables terminent l'ouvrage : table alphabétique des matières et table des noms d'auteurs. Elles permettent de s'orienter aisément dans les recherches parfois un peu touffues de l'auteur. De nombreuses figures dans le texte et des planches séparées donnent tous les documents iconographiques qui sont de nature à mieux faire saisir la pensée de l'auteur.

Avant de terminer ce compte rendu déjà trop long, il nous faut porter un jugement d'ensemble sur l'œuvre de M. Sergi. Le voici. On ne saurait dénier à l'auteur une grande profondeur d'érudition et une connaissance étendue de tous les faits de nature à éclairer l'objet de ses recherches. Mais, à notre humble avis, l'interprétation de plusieurs de ces faits ne s'impose pas encore avec une entière certitude. En particulier, sa thèse de l'occupation de l'Europe par les peuplades dites aryennes, sans qu'elles aient beaucoup contribué à la civilisation de ce continent, civilisation qui serait due plutôt à des émigrés d'origine africaine, cette thèse assez inattendue repose sur plusieurs pos-

du langage n'est pas encore démontrable scientifiquement, elle n'est pas non plus sur le point d'être démentie scientifiquement par des preuves certaines. La question qui n'est pas mûre pour une solution affirmative, ne l'est pas davantage pour une solution négative. Ceux qui escomptent le témoignage de la linguistique en faveur de la polygenésie des races humaines, se livrent donc à de vaines rodomontades. »

tulats dont le moindre est celui de l'indigénéité du peuple égyptien.

Quoi qu'il en soit de certaines réserves à faire, l'œuvre de M. Sergi est indubitablement une contribution des plus importantes à l'anthropologie et à l'ethnogénie primitives de l'Europe.

J. Van den Gheyn, S. J.

XIII

P. W. Schmidt. Panbabylonismus und ethnologischer Elementargedanke. Sonderabdruck aus Band XXXVIII (der dritten Folge Band VIII) der Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien. 1908, pp. 73-88.

Ce que le savant directeur d'Anthropos combat dans cette brochure, ce n'est pas le système de Fr. Delitzsch qui fait dériver de Babylone tout l'Ancien Testament, une bonne partie du Nouveau et un grand nombre d'éléments de notre civilisation chrétienne. Le P. Schmidt s'en prend à un autre système dont la portée n'est pas moins grande au point de vue de l'histoire des civilisations.

Cette doctrine procède du Professeur Dr H. Winckler, l'assyriologue bien connu de Berlin, et du Professeur Dr A. Jeremias, ancien pasteur à Leipzig. Le rôle de E. Stucken a consisté surtout à étendre aux civilisations non asiatiques les conclusions des études sur l'ancienne Babylone. Ce serait de Babylone qu'il faudrait partir pour comprendre et expliquer la vie intellectuelle et religieuse des peuples non civilisés.

Dans une étude très importante, sur laquelle nous espérons pouvoir bientôt revenir en détail (1), le P. Schmidt expose comme suit les propositions fondamentales du Panbabylonisme :

« Toute mythologie s'occupe pour ainsi dire exclusivement des événements du ciel, en particulier du cours du Soleil, de la Lune, parfois aussi de l'étoile du matin (Vénus) et de leurs relations avec les douze signes du zodiaque et les constellations qui en font partie. Les événements et les relations du firmament sont la mesure et la règle pour les événements et les conditions de la

(1) *L'origine de l'idée de Dieu*, dans Anthropos, III (1908), nos 1 à 6 (à suivre). Voir p. 156.

Terre ; l'astrologie et l'astronomie font tout un. Le tout forme un système de philosophie qui est à la fois la religion, parce que les astres et leurs mouvements sont en même temps les principales manifestations de la puissance de la divinité. Que celle-ci fut quelque chose de distinct des astres, les initiés, les prêtres le savaient ; au peuple on présentait la doctrine astrale sous la forme d'un mythe, et les événements qui dans cette croyance prêtaient à la célébration de fêtes furent représentés dans des jeux dramatiques. Dans cette doctrine et ces mythes, les durées de révolution de ces astres et leurs rapports jouèrent un grand rôle ; ce furent des « nombres sacrés ». Comme ils déterminaient au Ciel les révolutions des astres, ils fixaient sur la terre l'époque des fêtes et servaient de base à toute la chronologie. La patrie de tout ce système est Babylone où nous le trouverions pleinement développé déjà 3000 ans avant J.-Ch. De là il se serait d'abord répandu dans l'Orient ancien tout entier ; l'Égypte et Israël en particulier et plus tard la Grèce et Rome et, par elles, le moyen âge chrétien se trouvèrent sous son influence. Mais, en général, les mythologies de tous les peuples de la terre, même des peuples incultes les plus éloignés, subirent cette influence. »

L'importance de ce système au point de vue de l'ethnographie n'échappera à personne. Il constitue la négation formelle du principe le plus fécond et le plus incontesté de l'ethnographie, du principe que Bastian dans son langage un peu nébuleux a appelé « Elementargedanke ». La plupart des manifestations de la vie intellectuelle des hommes procèdent de la nature humaine et des conditions extérieures qui ne sont pas très différentes sur les points les plus éloignés du globe, de sorte que nécessairement elles se ressemblent dans leurs traits fondamentaux. L'existence de coutumes et de croyances universellement répandues trouve dans ce principe une explication simple et satisfaisante.

Faudra-t-il dorénavant renoncer à ce principe et recourir comme anciennement aux hypothèses souvent arbitraires et invraisemblables, aux influences extérieures, aux emprunts, à la communauté d'origine, pour expliquer sur des points différents de la terre l'existence de croyances et de pratiques semblables ?

Le P. Schmidt défend victorieusement le principe des « pensées élémentaires » contre les prétentions des Panbabylonistes.

Voici l'argumentation de ceux-ci : 3000 ans avant Jésus-Christ le système des connaissances astronomiques était établi dans ses moindres détails à Babylone ; on connaissait parfaitement la

loi de la précession en vertu de laquelle le zodiaque recule d'un signe tous les 2200 ans. Des connaissances astronomiques aussi développées présupposent une civilisation supérieure. Si donc nous rencontrons chez les sauvages, chez les non-civilisés, des débris de ce magnifique système, nous serons autorisés à dire que ces connaissances ne cadrent pas avec leur civilisation inférieure, qu'elles n'en sont pas le produit spontané, que ce sont des survivances d'une civilisation plus élevée dont le point de départ se trouve à Babylone.

Cette argumentation suppose établis deux faits : 1. l'existence, 2000 ans avant Jésus-Christ, à Babylone d'un système très développé de connaissances astronomiques ; 2. l'existence chez les sauvages de connaissances astronomiques qui ne cadreraient pas avec le caractère rudimentaire de leur civilisation.

Or, le P. Schmidt démontre précisément, en se basant sur l'autorité du P. Kugler, S. J., qu'on a exagéré l'antiquité du système astronomique perfectionné des Babyloniens. En ce qui concerne les sauvages, on ne trouve point chez eux des connaissances astronomiques abstraites et très perfectionnées ; mais bien plutôt des connaissances concrètes et superficielles qui sont le fruit d'observations séculaires. Les sauvages s'intéressent tout naturellement aux astres ; ils ont des noms spéciaux pour certaines étoiles, auxquelles ils attribuent une influence particulière. C'est un fait que les progrès de l'ethnographie descriptive mettent chaque jour plus en relief. Pour l'expliquer, point n'est besoin de recourir aux antiquités babyloniennes.

Stucken s'est attaché principalement à l'argument tiré du culte des pléiades chez les non-civilisés. Les pléiades président un peu partout au commencement de l'année. Or les pléiades appartenant au signe du taureau ne coïncidaient avec l'équinoxe du printemps que vers 3000 ans avant Jésus-Christ.

Le P. Schmidt fait observer qu'à Babylone les pléiades ne sont pas mises directement en rapport avec le commencement de l'année, comme en Chine et dans l'Inde. Elles ne sont en rapport avec le commencement de l'année que parce qu'elles appartiennent au signe du taureau. Aucun document babylonien n'indique formellement le rapport des pléiades avec le commencement de l'année ; quand il est question d'un rapport semblable, il est indiqué non pas pour le commencement mais pour la fin de l'année.

Quant au rôle des pléiades dans la chronologie des non-civilisés, on ne saurait trop insister sur ce point qu'il ne s'agit

nullement de rapports abstraits des pléiades avec les autres constellations, mais bien des rapports avec l'agriculture, avec les semailles et les récoltes. Il ne faut pas oublier que les peuples agricoles seuls se servent des pléiades pour mesurer le temps. Ils mettent en rapports avec les pléiades tantôt l'époque des semailles, tantôt celle des récoltes suivant qu'ils considèrent comme période principale leur première apparition à l'Est au lever du soleil ou à l'Ouest au coucher du soleil. L'existence de périodes bonnes et mauvaises, déterminées approximativement par l'apparition ou la disparition des pléiades, n'implique évidemment pas la connaissance de la loi de la précession et ne porte aucun signe de descendance babylonienne.

En passant, le P. Schmidt expose et réfute la théorie « pansolariste » de Frobenius. Frobenius a exagéré l'influence du soleil sur la genèse et le développement des mythes. Il a, de plus, le grand tort de méconnaître le principe des « pensées élémentaires » en considérant comme pays d'origine des mythes solaires un pays du Sud de l'Asie, de préférence l'Arabie.

Beaucoup de mythes interprétés comme solaires par Frobenius deviennent lunaires sous la plume de Siecke. Celui-ci accorde à la lune une importance très grande pour la formation des mythes. Ses théories lunaires, comme la mythologie astrale en général, sont exagérées en beaucoup de points ; mais il a le mérite de ne pas abuser de l'hypothèse des influences étrangères et de la communauté d'origine.

Cette intéressante étude se termine par quelques détails de mythologie descriptive : l'exposé de quelques mythes relatifs aux pléiades chez les insulaires de Karesau, dans la Nouvelle Guinée allemande. Les renseignements proviennent d'un jeune chrétien du pays, Bonifaz-Tamatai Pritak, que le P. Schmidt a pu interroger à St-Gabriel à Mödling-lez-Vienne. C'est le même indigène qui fournit l'année dernière, au distingué Directeur de l'Anthropos, la matière d'un remarquable article sur les rites secrets de la puberté chez les indigènes de Karesau (1).

Ed. De Jonghe.

(1) P. W. Schmidt. *Die geheime Jünglingsweihe der Karesau-Insulaner*, (Deutsch-Neuguinea), dans Anthropos, II, 1907, pp. 1029-1056.

XIV

Prof. Enrico Morselli, Direttore della Clinica delle malattie nervose e mentali nella Università di Genova. Psicologia e spiritismo. Impressioni e note critiche sui fenomeni medianici di Eusapia Paladino. Tomo primo con VII tavole e 21 figure, pp. XLVIII-461 ; tomo secondo con XII tavole e 20 figure, pp. XVIII-586. In-8°. — Torino, Fratelli Bocca, 1908.

Depuis une vingtaine d'années surtout, une Napolitaine, Eusapia Paladino, a conquis, dans les annales du spiritisme, une réelle célébrité. M. Morselli a dressé le relevé bibliographique des travaux auxquels elle a donné lieu, et cette liste tient, pour le premier volume de son ouvrage, trente-six pages, et deux encore dans le second volume. On relève dans ces listes les plus grands noms, non seulement des spirites de profession, mais des auteurs les plus réputés dans les sciences philosophiques.

Avant d'aborder l'objet propre de son étude, c'est-à-dire l'examen critique des expériences d'Eusapia, M. Morselli consacre la première partie de son travail au spiritisme en général. Il en refait l'histoire, en expose les phases diverses et constate la place prépondérante que les études psychiques, basées sur le spiritisme, ont prise aujourd'hui dans la métaphysique.

On sait que les phénomènes spirites sont le partage d'un certain nombre de personnes, par l'intermédiaire desquelles on est mis en contact avec le monde des esprits. Cette fonction leur a fait donner le nom de *médiums*. M. Morselli donne une bonne part de son livre à l'examen du médianisme. Celui-ci revêt diverses formes, car chaque *médium* a sa spécialité ; ils ne sont nullement coulés dans le même moule, comme on pourrait le croire. M. Morselli en distingue neuf types très caractérisés.

Comment faut-il étudier le phénomène du médianisme ? Deux ordres de recherches semblent devoir être établis : la réalité des phénomènes et leur raison déterminante. Il convient de s'entourer de témoignages dignes de foi, capables d'apprécier les faits et de les contrôler soigneusement. Or, il arrive trop souvent que ces constatations ne méritent aucune créance et l'étude consciencieuse de la médianité apparaît rarement au milieu de la prolifique efflorescence de la littérature spirite. Quant à l'examen scientifique, il est plus délicat encore. Ne s'en mêle pas utilement qui veut, il faut être à la fois profond psy-

chologue, physiologiste avisé, voire même médecin très au courant des anomalies neurologiques et pathologiques. Aussi M. Morselli n'hésite-t-il pas à affirmer qu'en regard du fait de la médianité, l'étude du spiritisme n'a guère dépassé l'analyse grossière et l'empirisme borné.

Un grand obstacle à ces recherches est la personnalité même du médium. La science se heurte en effet aux professionnels du spiritisme, sur la sincérité desquels planent souvent les soupçons les plus justifiés. Ce sont en général des personnes d'une excessive sensibilité, très faciles à suggestionner. Douées d'un intense amour-propre et d'un désir extraordinaire de paraître, elles ne reculent pas devant la simulation et la dissimulation. Sans doute, il y a des médiums honnêtes et de bonne foi, mais presque toujours on doit se mettre en garde contre les erreurs de jugement.

Du reste, M. Morselli convient que la plupart des médiums sont atteints de tares psychiques et nerveuses et il cite le cas de plusieurs personnages célèbres. La pratique du médianisme est foncièrement mauvaise, les séances n'en offrent qu'une série ininterrompue de crises hystériques. Aussi les pouvoirs publics devraient-ils intervenir pour empêcher le médianisme. Dommage qu'avec des principes si fermes M. Morselli range parmi les phénomènes constatés chez les médiums le « piétisme catholique qui fait fureur à Lourdes ou à Valle di Pompei ». Il ne serait pas malaisé de démontrer qu'un abîme sépare les deux genres de manifestation.

Ces idées générales exposées, l'auteur aborde l'étude de la personnalité d'Eusapia Paladino. Il en raconte l'histoire depuis sa naissance en 1854 et rapporte de quelle façon elle devint médium. Au point de vue physio-psychique, si M. Morselli ne conclut pas absolument à l'hystérie, il constate pourtant des conditions pathologiques du système nerveux. Toutefois Eusapia est de nature débonnaire, son intelligence peu développée, mais elle a le sens droit, comme il arrive souvent chez les simples et les humbles.

Comme l'indique le sous-titre de son livre, l'ouvrage de M. Morselli est surtout destiné à faire la critique scientifique des séances les plus célèbres d'Eusapia Paladino. Ce sont les vingt-huit séances qui eurent lieu au Cercle *Minerva* à Gênes, du 17 mai 1901 au 10 janvier 1902.

Nous ne suivrons pas l'auteur dans la description méticuleuse qu'il fait de ces séances. Rien ne lui a échappé, le moindre

mouvement du médium a été contrôlé, analysé, passé au crible. Attachons-nous plutôt aux conclusions générales qui terminent l'ouvrage. Ces conclusions portent sur les phénomènes médianiques et passent en revue les diverses hypothèses émises sur le médianisme.

Divers écrivains ont essayé d'établir une classification dans les phénomènes spirites obtenus par l'intermédiaire d'Eusapia. M. Morselli n'est pas satisfait de ces essais et à son tour il s'efforce de mettre en un ordre nouveau la phénoménologie d'Eusapia. Il constate d'abord que, si elle est variée et intense, au point de vue physique, elle est intellectuellement très pauvre. Toutefois, il y a lieu de distinguer des phénomènes subjectifs et objectifs ; les premiers sont au nombre de 22, les seconds atteignent le chiffre de 48.

Le lecteur nous dispensera d'entrer dans les détails ; peut-être l'amour de la classification a-t-il fait pousser un peu loin cette nomenclature des phénomènes très variés et des manifestations fort diverses dont Eusapia est le sujet.

Pour finir, l'auteur rentre dans les questions générales dont il s'était occupé au début de son livre pour examiner les nombreuses hypothèses qui ont été mises en avant pour l'explication du spiritisme. Ici encore, M. Morselli a poussé l'analyse très loin et il examine jusqu'à trente-cinq théories qui prétendent donner la clef des phénomènes spirites. Il les divise en hypothèses extrascientifiques, ultrascientifiques et préscientifiques. L'interprétation qui a sa préférence est le métadynamisme, c'est-à-dire, qu'il se rallie à l'hypothèse d'une radioactivité humaine, parallèle à celle du radium et d'autres éléments chimiques.

Voici la conclusion suprême de l'auteur : « La psycho-physique m'avait entraîné, moi, antispirite, vers l'étude du spiritisme, et celui-ci, examiné à travers les phénomènes constatés pendant les séances d'Eusapia Paladino, me ramène à la psychologie, mais également antispirite. » M. Morselli déclare qu'aucune des manifestations médianiques d'Eusapia n'a opéré en lui la moindre conviction en faveur du spiritisme, c'est-à-dire d'une communication établie avec le monde des esprits. C'est aussi le sentiment de Maxwell (1), que l'auteur rapporte. Il ajoute cette observation très juste : il faut juger de la réalité du spiritisme, non par la masse aveugle et inconsciente de ses fidèles — ceux-ci sont sans autorité scientifique — mais par un contrôle soigneux, froide-

(1) Année psychologique, t. XIII, 1907, p. 104.

ment continué, ténacement poursuivi. Tôt ou tard, on s'apercevra que l'édifice spirite, construit avec beaucoup d'habileté, est semblable à un château de cartes, qui s'écroule quand on le touche.

La lecture des deux gros volumes de M. Morselli n'est pas toujours réjouissante. Il faut la reprendre avec courage à diverses reprises ; du reste, l'auteur avoue les avoir écrits lui-même avec grande fatigue. Mais ces consciencieux et méticuleux procès-verbaux, qui témoignent de l'attention la plus soucieuse et dénotent une critique des plus judicieuses, sont peut-être le réquisitoire le plus fort contre le spiritisme que l'on puisse lire. A ce titre, ces deux volumes méritent au premier chef de figurer dans la bibliothèque des théologiens, des philosophes et des hommes de science qui se trouvent souvent appelés à donner leur avis sur la doctrine et les faits du spiritisme.

De ci de là, il y aurait à relever quelques appréciations ou manières de parler moins exactes ou carrément erronées relativement au dogme. Le lecteur remettra facilement les choses au point.

J. G.

XV

Les métiers de Namur sous l'ancien régime. Contribution a l'histoire sociale, par J.-B. Goetstouwers, S. J. In-8°, XII-344 pp.— Louvain, 36, rue de Bériot et Paris, Fontemoing, 1908.

Les corporations d'artisans tiennent dans l'histoire de Belgique une place plus large que dans l'histoire d'aucun autre pays de l'Europe centrale. Quelle imagination d'enfant de l'école primaire n'a pas vu ou ne voit pas ces rudes tisserands, ces rudes bouchers de Flandre pousser dans un marais l'aristocratie française et frapper du goedendag tout qui n'est pas bon flamand !

Le R. P. Goetstouwers a dû être tenté, comme maint érudit, de s'attacher à quelqu'une de ces corporations, dont les fastes politiques de notre patrie ont gardé le nom, d'édifier à sa mémoire une synthèse, où les documents qui nous représentent son rôle économique, social, religieux, seraient utilisés à côté de ceux qui nous parlent de son rôle politique et militaire. Cependant, quelle qu'ait été la violence de cette tentation, le P. Goetstouwers y a résisté, et voici pourquoi.

Le rôle politique prépondérant de certains de nos métiers est incontestable ; mais toutes nos villes ont-elles eu de ces métiers-là ? L'époque monarchique, en tous cas, n'a-t-elle pas assagi, tenu en bride ces tisserands et ces bouchers, ceux-là même dont les ancêtres avaient été si sauvages et si puissants ? Or l'œil de l'historien ne s'est guère arrêté jusqu'ici sur les artisans de nos villes paisibles, c'est-à-dire sur les artisans de la grande majorité de nos villes durant la période moderne.

Namur a eu les préférences de l'auteur. C'est de l'artisan namurois, sous l'ancien régime, que nous entretiendrons quelques instants le lecteur de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES.

En 1300, Namur comptait environ 8000 habitants. Elle ne parvint jamais, avant le XIXe siècle, à doubler ce chiffre. A en croire d'anciens documents, la draperie y fut exercée un certain temps avec succès : mais, comme dans le reste du pays, la draperie déclina dans « la comté » au XIVe et surtout au XVe siècle. Plus tard, Namur se livra à des exportations assez considérables de cuir et de produits céramiques ; après le sac de Dinant, les « batteurs de cuivre » affluèrent à Namur, d'où ils continuèrent à approvisionner de leurs produits les marchés voisins. Cependant ce ne sont là que des exceptions. Namur est essentiellement une ville de petite industrie. Les vingt-cinq « frairies » qui se partageaient au XVIIIe siècle la population ouvrière et marchande de la cité, produisaient pour la consommation locale ou pour la consommation du plat-pays d'alentour. Exécuter dans un modeste atelier, avec un nombre restreint d'apprentis et « garçons » les commandes d'une clientèle connue et stable, voilà toute l'ambition et toute la vie de ces maîtres boulangers, brasseurs, charliers, charpentiers, cordiers, fèvres, menuisiers, merciers, orfèvres, parmentiers ou tonneliers.

On peut distinguer trois catégories de personnes dans la corporation namuroise, à savoir : les patrons, c'est-à-dire les membres *optimo jure*, les apprentis et les ouvriers.

L'heure du travail sonnait tôt pour le fils de l'artisan. Avant quinze ans, d'ordinaire, il commençait l'apprentissage d'un métier chez un maître choisi par lui ou par ses parents. Admis à partager la vie de famille de son patron, il recevait de celui-ci une éducation professionnelle complète. Pour déterminer la durée de cet apprentissage, on devait naturellement tenir compte et de la difficulté du métier à apprendre et des capacités de l'apprenti. Au XVIIIe siècle, néanmoins, ce dernier élément

paraît négligé. La corporation a-t-elle voulu éviter les récriminations jalouses de jeunes gens d'un esprit plus lourd ? L'expérience de plusieurs siècles a-t-elle suffisamment renseigné les maîtres sur l'intelligence moyenne des apprentis ? Nous ne le savons ; mais les dernières chartes fixent pour presque toutes les « frairies » la durée de l'apprentissage, qui est d'une, de deux, de trois, de quatre, ou, rarement, de cinq années.

Les chartes octroyées par le gouvernement exigent encore l'inscription d'autres clauses dans le contrat à intervenir entre patron et apprenti, notamment de celle qui met à la charge du maître la nourriture et le logement de son apprenti ; elles confient au pouvoir élu annuellement par les maîtres de chaque « frairie », c'est-à-dire aux doyen et jurés, la surveillance du contrat et le jugement, en premier ressort, des contestations.

Pour être admis à la maîtrise, pour devenir suppôt, il ne suffisait pas d'avoir passé le temps requis en apprentissage. Ces dévots chrétiens de marchands n'ouvraient leurs rangs que pour des hommes « de bonne fame et renommée », capables de montrer leur « baptistaire », lisez : leur attestation de baptême. Voilà pour les garanties morales et religieuses.

Il faut y ajouter des garanties de capacité professionnelle. Durant l'apprentissage, le maître seul a pu juger son apprenti. Vient alors le jugement, plus redoutable, de la corporation. Celle-ci examinera dans une assemblée « sur sa chambre », la « pièce d'œuvre », le « chef-d'œuvre » exécuté par l'aspirant. S'il s'agit d'un aspirant chaudronnier, par exemple, il présentera « une bouteille à l'huille, contenante deux pots, peu plus peu moins, toute d'une pièce ». Le maçon construira « un portail, une croisade ou une voûte à croix d'ogive ». Quant au boucher, il « tuera proprement un bœuf ». Il est à noter qu'au cas où la « pièce d'œuvre » doit être exécutée à domicile par l'apprenti, celui-ci ne manque pas de surveillance ; que, de plus, le temps à consacrer à ce travail est nettement déterminé.

Au jour de l'épreuve, c'était grande beuverie « sur la chambre du métier ». Un nommé Philippart se plaignit aux autorités namuroises qu'à la présentation de son chef-d'œuvre, il avait dû débourser « vingt-huit escus, tout en hougaerde, bière, chandelles, jeux de cartes, fagots, etc... » et que, néanmoins, sa pièce avait été refusée.

De tels refus, heureusement, étaient assez rares. On déférait au nouveau suppôt le serment de fidélité à Sa Majesté ; on lui faisait promettre, en outre, de se conformer aux statuts ; on recevait

de sa main les droits fixés. Après quoi, il entreprenait à ses risques et périls l'exercice d'un « style ». Tel aspirant ne voulait-il pas ouvrir un atelier ? Tel autre ne le pouvait-il, à cause du jugement défavorable de la corporation ? Le petit-métier lui restait ouvert, c'est-à-dire cette catégorie d'ouvriers, aidant le maître et salariés par lui, catégorie peu importante et dont nous ne nous occuperons pas.

L'apprenti est devenu maître. Quelle est la journée du maître namurois ?

A peine l'horloge du « chastel » a-t-elle lancé dans le silence ses quatre coups que l'artisan quitte sa couche. Dévotement il met le genou en terre et recommande à Dieu la journée de travail. Celle-ci commence dès que l'apprenti est prêt et l'ouvrier arrivé. On procède lentement dans la besogne. L'outillage mécanique, permettant de produire beaucoup d'après un patron uniforme, est encore inconnu ; la charte de la « frairie », les ordonnances du magistrat ou du souverain laissent à l'homme de métier les coudées assez peu franches : qualité de la matière première, quantité à employer, façon de mettre en œuvre, tout est prévu, tout est fixé ; et le transgresseur des chartes doit toujours redouter la visite des doyen et jurés ou des « rewards » chargés de surveiller la fabrication et la vente.

Que si les chartes ont été observées, le maître affrontera sans peur, pour son drap, l'épreuve du « banquet » ; son ouvrage en or ou en argent sera poinçonné de la marque du « lion ayant un fusil sur la teste » ; son cuir sera marqué de « l'enseigne du lion » ; son pain ne sera pas trouvé « mal labouré ».

La plupart de ces clauses restrictives pour le maître sont des garanties pour le public. Et le public ne manquait pas de garanties ! Il savait par exemple qu'un poisson, dont la queue avait été coupée, était un poisson qui paraissait pour la seconde fois à la halle. Quelque boucher voulait-il souffler la viande ? Le métier plaignait les « gens qui ayant mis une grosse pièce de viande dans la marmite n'en retirent cependant qu'une maigre et chétive esquelette, presque sans goût ni saveur ». Le métier plaignait l'acheteur, et punissait le vendeur.

D'autre part, le maître était garanti contre la concurrence des autres producteurs. Et d'abord, contre la concurrence exagérée de ses confrères. Débaucher l'ouvrier d'autrui, prendre à son service un compagnon fugitif, accaparer les clients du voisin, entreprendre l'achèvement de l'ouvrage commencé par lui, constituaient autant de délits. Ce fut grand scandale quand les

maîtres boulangers apprirent qu'un des leurs donnait gratuitement à ses acheteurs, pour en attirer d'autres, « des rawettes » c'est-à-dire « un petit pain blanc, miche... et autres choses pareilles ».

Restait la concurrence des producteurs étrangers à la corporation et à la ville. Cette concurrence n'était pas libre, quoique le monopole fût loin d'être absolu.

Le travail du maître, interrompu une heure ou une heure et demie au milieu du jour, s'achevait à la tombée de la nuit. Les conditions de l'éclairage ne permettaient pas de confectionner à la lumière une marchandise « loyale ».

Telle était la journée ordinaire de l'artisan ; mais il y avait aussi des journées extraordinaires, car l'artisan appartenait à l'Eglise et à sa « frairie ».

Dans un ouvrage intitulé : *Les corporations de métiers* (1), H. Blanc compte pour la France deux cent quatre-vingts jours ouvrables par an, d'une durée moyenne de neuf heures de travail effectif. Le chiffre était à peu près le même chez nous. Parmi toutes les fêtes se distinguait la fête patronale. Chaque « frairie », en effet, s'était choisi un protecteur céleste et, au jour de sa commémoraison, les membres assistaient, en corps, à une messe solennelle, suivie d'une procession. Aux chants sacrés succédaient des chants profanes et désordonnés, sans doute, ceux des maîtres que mettaient en joie la « keute » ou la « hougaerde ». Le lendemain, on pensait non plus au patron céleste mais aux confrères défunts. De nouveau, les maîtres se rendaient à l'église, pour se grouper, cette fois, autour d'un catafalque que couvrait le linceul de la corporation.

Une dernière circonstance amenait le chômage : à savoir les assemblées générales du métier. Ces réunions avaient pour but de discuter les affaires importantes de la corporation, d'élire les doyen et maîtres, de dresser des suppliques à Sa Majesté, d'examiner les chefs-d'œuvre, de désigner quelques officiers subalternes de la ville.

Cette dernière fonction était l'une des rares attributions politiques des métiers. Mais nous espérons avoir prouvé par ces quelques pages que pour s'être peu mêlées de politique, les corporations namuroises n'en sont pas moins intéressantes et n'en ont pas moins fourni au P. Goetstouwers le sujet d'une fort bonne étude. Le travail est consciencieux : toutes les

(1) Pp. 246 et suiv. Paris, s. d.

sources ont été vues et passées au crible ; le travail est détaillé tout en restant synthétique. Certes, qui connaît l'esprit paperassier du XVIIIe siècle louera l'auteur d'avoir su se borner dans le choix des faits. Il a, de plus, rattaché entre eux les divers groupements des faits par un lien très logique.

Quelles sont les conclusions du livre ?

Le P. Goetstouwers n'ignore pas qu'en beaucoup de milieux, les corporations de l'ancien régime, telles qu'elles existaient au XVIIIe siècle, passent encore pour des institutions vieillies, démodées, et qui fussent mortes de leur belle mort, si la révolution ne leur avait donné le coup suprême. Il n'insiste pas cependant sur les abus du système. Et de vrai, ces abus ne lui paraissent pas criants à Namur. Aussi c'est sur des éloges pour les bienfaits des corporations que se termine son ouvrage. Il applique aux métiers de Namur du XVIIIe siècle, des lignes qui ont été écrites pour les corporations du XIIIe siècle. « En regard de [quelques] erreurs économiques, que de principes, discutables peut-être, mais d'un caractère élevé ou bienfaisant, et que l'on ne saurait plus dédaigner ! Garantie du travail à qui en vivait et de la propriété industrielle à qui la possédait, une certaine indivision du travail qui faisait des ouvriers complets et faisait de futurs maîtres, le patronat accessible à tous les travailleurs, des épreuves et des stages pour constater la capacité des artisans, suppression des intermédiaires parasites entre le producteur et le consommateur, efforts tentés pour maintenir la loyauté du commerce, fonctionnement régulier d'une juridiction professionnelle, solidarité de la famille ouvrière, et assistance aux indigents du métier » (1).

Nous serions peut-être plus sévère que l'auteur ; mais, pour être aussi compétent que le sien, notre jugement devrait être basé sur une étude aussi sérieuse.

E. DE MOREAU, S. J.

XVI

J. GOFFART. LE CONGO PHYSIQUE, POLITIQUE ET ÉCONOMIQUE. Deuxième édition, revue et mise à jour par G. MORISSENS. — Bruxelles, Misch et Thron, 1908.

(1) GIRY et RÉVILLE, *Le commerce et l'industrie au moyen âge* dans LAVISSE et RAMBAUD, *Histoire générale*. t. II, ch. IX, pp. 532 et suiv.

Au moment où la Belgique s'engage définitivement dans la voie de la colonisation, il est superflu d'insister sur l'utilité et l'opportunité d'un bon Manuel Congolais. Celui de M. Goffart, publié il y a onze ans par le Club africain d'Anvers, a rendu de très grands services. Il était destiné à vulgariser la connaissance du Congo telle qu'elle se dégageait des travaux des géologues, des ethnographes, des naturalistes, de la masse des relations de voyages et des rapports des administrateurs.

Le plan du Manuel est très simple. On étudie successivement la géographie physique, la géographie politique et administrative, la géographie économique et la géographie historique. De ces quatre parties c'est, on le pense bien, la dernière qui est la moins étendue. Pour ce motif nous eussions préféré la voir placée en tête et servir en quelque sorte d'introduction à l'étude du Congo actuel. Quant au terme de géographie physique, il est pris au sens le plus large : il comprend à la fois la géologie, l'orographie et l'hydrographie, la météorologie, la géographie botanique, la géographie zoologique et la géographie ethnographique.

M. Morissens a eu l'excellente idée de refondre et de mettre à jour cet ouvrage qui est appelé à rendre encore d'immenses services à la Belgique coloniale. En le revisant, le distingué professeur du cours colonial s'est abstenu d'en modifier soit la forme, soit le plan, soit l'esprit. Il n'y a fait que les modifications strictement nécessaires. Ajoutons qu'elles sont heureuses et qu'elles témoignent d'une grande compétence. Pour se convaincre de la sûreté de l'érudition et de la critique de M. Morissens, il suffit de parcourir l'appendice dans lequel il indique les sources auxquelles il a puisé et justifie l'emploi des matériaux qu'il y a trouvés.

E. D. J.

XVII

Ernesto Tornquist et le Commerce anversois, par Jules Thimant, rédacteur au Journal Anvers-Bourse. Brochure de 52 pag. — Anvers, Van Nylen.

Parmi les pays d'outre-mer, il en est peu dont le développement économique et la situation financière intéressent la Belgique comme la République Argentine. Le montant des capitaux engagés par nos compatriotes dans les pampas de la Plata,

l'activité du mouvement commercial entre Anvers et Buenos-Aires permettent de mesurer l'importance des relations que depuis bon nombre d'années déjà nous entretenons avec la grande République de l'Amérique latine. Si ce pays autrefois déconsidéré est arrivé rapidement au degré de prospérité que lui envient ses voisins, il le doit au concours des capitalistes étrangers, mais aussi à l'énergie, à la perspicacité et au talent de quelques citoyens illustres. Grâce à leur travail persévérant et éclairé, à leur souci de l'honneur national, à leur largeur de vues, ils parvinrent à garantir la productivité des capitaux et à leur asssurer une large rémunération. L'Argentine a perdu en juin dernier un de ses hommes d'affaires les plus connus et les plus appréciés, M. Ernesto Tornquist. Né en 1842 à Buenos-Aires, d'un père nord-américain de souche suédoise et d'une mère argentine, il présentait ainsi dans sa personne un raccourci de la nationalité argentine déjà alors mi-latine et mi-saxonne. « Cette fusion du génie et du charme latin avec l'énergie et la ténacité des peuples du Nord en fit un homme très apte aux affaires, sans raideur, plein de sens pratique, très ouvert au progrès et déterminé à tenir sa place dans un siècle où l'argent est le grand instrument de domination. » Dans une brochure d'une cinquantaine de pages, M. Tilmant nous retrace à grands traits la carrière de ce business-man infatigable qui fut le « vivant symbole de la force de caractère, de la studieuse habileté, de la ténacité inlassable mais souple que requiert le grand commerce ». De modeste employé il devint grand propriétaire, grand industriel, grand financier ; self-made man, qui avant tout et après tout n'a été qu'un commerçant, il a plus fait pour l'avancement et l'expansion de son pays que maint personnage politique n'oserait ambitionner. Compagnies agricoles, établissements de crédit, entreprises industrielles, finances publiques, l'activité d'Ernesto Tornquist est débordante. Les quelques pages de la brochure nous montrent comment il réussit à « aider l'élite de ses concitoyens à faire entrer son pays dans une ère de prospérité inouïe ». Ces pages donnent au lecteur un intéressant aperçu de l'immense champ d'action où se déploya l'activité de Tornquist, et, tout en plaçant dans son cadre cette personnalité tranchée du brasseur d'affaires, l'auteur a semé dans son récit d'assez abondants détails sur la caisse de conversion et le problème monétaire, les conditions de l'élevage et de l'agriculture, la formation de la dette publique etc. La biographie condensée qu'il offre au public, ou plutôt la description des principales entreprises commerciales

et financières d'Ernesto Tornquist, présente pour tous ceux qu'intéresse l'expansion nationale une agréable et instructive lecture.

C.

XVIII

Qu'est-ce que la philosophie? — Leçon d'ouverture du Cours de Philosophie, par l'abbé Charles Sentroul, docteur en philosophie, agrégé à l'Université de Louvain. Une brochure de 40 pp. — Duprat, S. Paulo (Brésil).

M. l'abbé Sentroul a été appelé à inaugurer la chaire de philosophie tout récemment créée à l'université de Saint-Paul par la Faculté libre de philosophie et lettres.

La leçon d'ouverture annonce un enseignement large, sincère et progressif. M. Sentroul croit à la *perennis philosophia ;* il contribuera, pensons-nous, à en accréditer l'idée et à montrer qu'à travers les fluctuations et les oppositions des systèmes l'esprit humain poursuit une même philosophie, toujours plus saine et plus compréhensive. Le souci de l'histoire, où les systèmes prennent corps, l'absolue sincérité dont M. Sentroul se réclame à nouveau — et qui lui a valu de se faire couronner il n'y a pas longtemps par les adversaires de sa philosophie — donneront à sa profession de foi scolastique une réelle autorité, d'autant plus grande qu'ils lui permettront de démontrer qu'il suffit de ne pas arrêter le grand courant philosophique d'Aristote et de saint Thomas pour le voir absorber sans effort les progrès réels de la philosophie moderne.

Nous n'analyserons pas en détail la leçon d'ouverture. Contentons-nous d'y relever cette idée, à la fois ancienne et bien moderne : la philosophie est la science de l'unité, elle tend à donner à la connaissance universelle la synthèse parfaite et justificatrice d'elle-même ; commencée par l'homme, elle ne saurait s'achever qu'en Dieu ; elle ne connaît pas d'hétérogénéité radicale : partie des sens, elle conserve à chaque étape de notre ascension sa valeur propre et n'en rejette aucune ; elle est la science de l'être, auquel tout participe, mais qui ne trouve sa vraie signification qu'en Dieu.

M. Sentroul continuera les traditions de l'Institut de Louvain, auquel il appartient, et lui fera honneur.

L. S.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

BOTANIQUE ÉCONOMIQUE

Les richesses du Brésil. — Parmi les richesses végétales brésiliennes, se classent en premier lieu les plantes caoutchoutifères. Comme on le sait, les plantes productrices de caoutchouc sont nombreuses au Brésil et certaines d'entre elles, telles les *Hevea* et les *Manihot*, ont été introduites dans la plupart des régions tropicales, et il n'est pas impossible même qu'un jour viendra où des plantes caoutchoutifères brésiliennes donneront le meilleur rendement en dehors de leur pays d'origine. Le caoutchouc produit par l'*Hevea* arrive sur les marchés en quatre qualités principales : fina, entrefina, grossa et sernamby. Les trois premières dénominations désignent suffisamment la nature de la qualité, la dernière est constituée par les déchets de la coagulation, par ce qui est raclé au fond des récipients, des écorces des arbres, etc. La production et l'exportation ont augmenté, et même, dans ces derniers temps, la forte proportion de caoutchouc exportée pour les divers ports brésiliens s'est maintenue très élevée.

Depuis 1827 cette exportation se chiffre ainsi :

1827	31 365 kil.	1867	5 826 802 kil.
1837	289 920 »	1877	9 215 375 »
1847	624 690 »	1887	13 390 000 »
1857	1 808 715 »	1897	21 256 000 »

L'Amazonie, véritable patrie des *Hevea*, est celui des États brésiliens qui produit le plus de caoutchouc d'*Hevea* ou de Para, en 1907 il en a produit à lui seul 14 731 757 kilos.

A côté des *Hevea*, il y a parmi les producteurs de caoutchouc des *Sapium*, des *Castilloa*, des *Manihot*, etc. dont l'étude scientifique est loin d'être terminée; chaque voyage botanico-économique fait dans l'intérieur de forêts ou de plaines irrégulièrement boisées, fait découvrir des essences nouvelles dont plusieurs ont déjà été démontrées très utiles pour le commerce mondial.

C'est ainsi, par exemple, que le caoutchouc connu sous le nom de Ceara et considéré longtemps comme le produit du seul *Manihot Glaziovii*, provient suivant son origine géographique de plusieurs espèces. Les États de Ceara, Piauhy et Bahia recèlent des types spécifiques très différents les uns des autres, comme l'a fait voir le botaniste explorateur allemand Dr Ule (1).

Après le caoutchouc il faut citer le café, au sujet duquel on pourra trouver dans le travail de M. Lalière, professeur à l'Institut commercial d'Anvers, des données intéressantes.

D'autres plantes utiles peuvent être pour le Brésil une source de notables revenus, par exemple, les fibres. Le cotonnier peut être cultivé dans plusieurs régions et il existe à l'état indigène de nombreuses plantes dont les fibres corticales sont exploitées, mais mériteraient de l'être sur une plus vaste échelle. Les *Urena lobata, riumfetta semitriloba* sont exploitées actuellement sous le nom d'Aramina, et déjà, dans les environs de Saint Paul, 5000 hectares sont cultivés en ces plantes. On peut obtenir des fibres de 2m70 de long et de 1000 à 1200 kilos de fibres par hectare.

Il est regrettable que ces deux plantes, qui existent aussi en Afrique tropicale centrale, n'y soient pas encore cultivées; des essais ont été entrepris dans les colonies allemandes et y ont donné d'excellents résultats, on espère même pouvoir commencer d'ici peu la culture rationnelle.

L'ouvrage publié par le « Centre Industriel du Brésil » auquel nous avons déjà renvoyé plus haut, insiste spécialement sur le « chanvre brésilien ou Canhamo brasiliensis Perrini » dont la plante productrice est encore mal connue. M. R. da Trindade, attaché au Commissariat du Brésil à Anvers, a analysé cette fibre qui supporte des tractions de 10 à 11 kilos, alors que les

(1) Voyez dans un ouvrage récent : *Le Brésil. Ses richesses naturelles, ses industries*. Rio de Janeiro, M. Orosco et Cie, des indications étendues sur le commerce brésilien du caoutchouc.

fibres du lin n'ont pas résisté à 7 kilos et celles du chanvre à 10 kilos (1).

Près de Rodero, M. Perrini a installé une culture de cette plante ; 100 hectares donnent en trois récoltes 200, 120 et 60 tonnes soit 380 tonnes de fibres de première qualité et 1000, 810, 405 soit 2215 tonnes de fibres de qualité inférieure, de racines et de déchets ligneux.

Parmi les plantes textiles on peut, jusqu'à un certain point, citer le *piassava*, produit par les faisceaux de fibres de palmiers. C'est dans les États de Bahia et d'Amazonas que la production des piassavas est le plus considérable, elle atteignait pour le Brésil entier, en 1907, plus de 1 300 000 kilos.

En 1906, la production qui était de 1 373 528 kilos se répartissait :

France	71 234 kil.	Belgique	24 265 kil.
Argentine	4 396 »	Allemagne	234 769 »
Uruguay	5 070 »	Angleterre	880 693 »
Portugal	153 191 »		

Le *mate* ou thé des Jésuites est un autre produit brésilien dont l'exportation a encore augmenté dans ces derniers temps, mais c'est surtout vers les pays limitrophes que l'exportation a augmenté dans une forte proportion ; vers l'Europe elle a plutôt diminué ; l'Européen n'emploie guère ce thé qui paraît cependant posséder des propriétés nourrissantes et stimulantes, il remplacerait, croit-on, avec avantage, le thé noir dont il possède les propriétés sans en avoir les inconvénients.

Parmi les cires végétales plus ou moins nombreuses, une, celle de Carnauba a surtout de l'importance et se trouvait exportée en 1906 à une quantité de 2 559 247 kilos et en dix mois en 1907 on comptait une exportation de 2 649 858 kilos. C'est de la surface de la feuille de ce Carnaubeira ou *Copernicia cerifera* que l'on enlève la cire. Pour recueillir cette cire on coupe les feuilles jeunes, on les fait sécher et on les bat ; cent de ces dernières produisent en moyenne 1 kilo 500 de cire, et dans de bonnes conditions ces cent feuilles, production annuelle d'un de ces palmiers, pourraient produire jusque 6 kilos de cire. Cette cire a beaucoup d'analogie avec la cire d'abeille et peut être employée aux mêmes usages. Dans le nord du Brésil, on en fabrique des bougies.

(1) Voyez le *Brésil*, loc. cit. p. 191 et R. da Trindade : *A fibra de Canhamo brasiliensis, Perrini*. Saint Paul, 1908.

La Confédération brésilienne possède dans ses forêts une puissante réserve de bois de tous genres ; il y a là pour l'avenir de son commerce une ressource notable, et il est sans conteste que quand on connaîtra mieux les essences ligneuses, il s'établira un courant certain vers les marchés européens. Il en sera d'ailleurs ainsi pour les colonies d'Afrique ; les recherches du botaniste explorateur Chevalier ont démontré que les forêts de l'Afrique occidentale française recèlent des richesses en bois d'ébénisterie et de constructions variées.

Le Congo belge est, on peut l'assurer, tout aussi riche, et il serait utile d'essayer de mettre cette richesse en exploitation sérieuse.

Le café au Brésil. — La production du café a atteint au Brésil une importance considérable, et cependant le caféier n'est pas originaire de l'Amérique, c'est au contraire l'Afrique centrale qui paraît être le berceau de tous les caféiers cultivés. L'examen des conditions dans lesquelles s'est développée cette culture mérite donc de fixer notre attention tout particulièrement au moment où nous sommes entrés résolument dans la voie coloniale.

Le caféier étant originaire de l'Afrique et existant à l'état indigène au Congo, sa culture peut-elle être considérée comme d'un grand avenir pour notre colonie ? Faut-il admettre les idées professées il y a quelques années par Em. Laurent et d'après lesquelles le Congo deviendra un second Brésil ? Faut-il au contraire affirmer, comme on l'a fait récemment à la Chambre des Représentants, que le café ne peut servir au Congo qu'aux Congolais eux-mêmes ?

Je pense que la vérité se trouve entre ces deux affirmations. Certes le commerce du café est déprécié par la surproduction brésilienne, et le Gouvernement du Brésil lui-même a senti la nécessité de rechercher le moyens de conjurer le mauvais sort qui s'est abattu sur les cultures caféières dans ces dernières années. Il croit l'avoir trouvé dans ce qu'il a appelé la valorisation. Récemment cette question a été traitée par M. F. Ramos dans un livre spécial et ensuite par M. Lalière, dans son travail sur le café dans l'État de Saint Paul (1).

Mais du fait que la valeur du café est dépréciée par l'augmen-

(1) A. Lalière. *Le café dans l'État de Saint Paul* (Brésil). 1 vol. in-8°, 950 pp., 2 cartes hors texte, nombreuses gravures dans le texte. Anvers et Paris, 1908.

tation de production on ne peut conclure qu'il n'y a pour le Congo aucune avenir dans la culture du caféier. N'avons-nous pas vu dans ces dernières années, les Hollandais, coloniaux, agriculteurs et commerçants avisés, venir chercher au Congo des caféiers indigènes, qui, transportés dans les Indes Néerlandaises, ont sauvé la production des excellentes variétés de Java ?

Si la production a été si considérable au Brésil, c'est que la plante productrice a non seulement trouvé un sol favorable, un climat propice, mais qu'elle a aussi été soignée et que, grâce à une main-d'œuvre intelligente et à une machinerie bien conçue, il a été possible de faire rendre beaucoup et rapidement.

A ce point de vue le livre auquel nous faisions allusion plus haut, doit attirer notre attention car il insiste non seulement sur la culture et sur la préparation du café au Brésil et en particulier dans l'État de Saint Paul, actuellement le plus grand producteur du Brésil, mais également sur les facteurs économiques de cette production. Or dans la mise en valeur de toute région tropicale, les facteurs économiques : main-d'œuvre, outillage jouent un rôle considérable.

C'est pourquoi M. Lalière a tenu à nous faire connaître par le menu, l'outillage si varié employé au Brésil pour le « beneficiamento » de la préparation du café. Il n'existait pas un travail d'ensemble où l'on pouvait trouver une description détaillée des procédés usités dans l'Amérique du Sud pour transformer la cerise du caféier en nos grains de café commercial. M. Lalière a donc comblé là une véritable lacune et il a largement facilité la compréhension de cette machinerie en donnant de ces divers appareils des plans et des coupes.

Comme l'a fait ressortir une fois de plus l'auteur, les dénominations *moka, caracoli* ne répondent pas à une variété végétale, elles peuvent être produites, de même que les qualités les plus ordinaires, par un seul et même arbre ; ces variétés ou qualités sont artificiellement constituées soit par les trieurs brésiliens, soit par les trieurs de nos ports d'importation.

A Santos, un des grands entrepôts du café brésilien, on classe les cafés en huit qualités différant par leur grandeur, l'uniformité des grains, leur coloration, leur arome et la présence d'une plus ou moins grande quantité de matière étrangère. De chacune des qualités il existe des échantillons types qui servent de base aux transactions. Dans d'autres ports les classifications diffèrent de celles de Saint Paul et de Santos, et souvent elles sont modifiées suivant la destination du produit ; il n'y a donc guère possi-

bilité d'établir une classification universelle, ce qui serait cependant hautement désirable.

A titre documentaire, il n'est peut-être pas sans intérêt de faire ressortir par quelques chiffres l'importance du commerce de café au Brésil ; celui-ci a exporté en 1906 vers :

Europe	8 154 630	balles	de 60	kilos.
Asie	65 909	»	»	»
Afrique	246 206	»	»	»
Amérique	5 499 055	»	»	»
Soit au total	13 965 800	»	»	»

ou 837 948 000 kilos, et sur cette quantité l'État de Saint Paul en a produit à lui seul 616 683 973 kilos.

La production brésilienne, qui en 1906-1907 avait atteint 20 190 000 balles, diminue et est tombée à 11 001 000 balles, ce qui paraît être dû, non à des conditions accidentelles, mais bien aux mesures prises par le Gouvernement brésilien pour « valoriser » le café. Ce résultat a fait naturellement conserver le prix du produit et grâce à l'augmentation de la consommation on peut espérer voir les prix du café se relever plus ou moins notablement.

En 1907 on a vu cette consommation atteindre dans les différents pays les quantités moyennes ci-dessous, toutes en augmentation notable par rapport aux années antérieures (d'après les calculs de M. Lalière) :

	Consommation par tête	Augmentation annuelle depuis 1900
Allemagne	3,05 kilos	1 3/4 %
France	2,60 »	3 1/4 »
Hollande	7,50 »	3/4 »
Autriche-Hongrie	1,15 »	3 1/4 »
Belgique	4,90 »	1/2 »
Suède	5,75 »	—
Russie	0,15 »	3 1/2 »
Italie	0,60 »	4 1/2 »
Angleterre	0,30 »	—
Norvège	5,05 »	1 1/2 »
Danemark	6,00 »	4 1/2 »
Suisse	3,40 »	4 »
Espagne	0,60 »	4 »
Portugal	0,60 »	7 »

	Consommation par tête	Augmentation annuelle depuis 1900
Grèce, Roumanie, Serbie, Bulgarie, Roumélie	0,40 kilos	1 %
Turquie	0,95 »	3 »
Algérie	1,45 »	5 »
Égypte et autres pays du nord de l'Afrique	0,20 »	4 »

Le livre de M. Lalière renferme encore bien d'autres données intéressantes sur lesquelles il conviendrait d'insister, mais il ne nous est pas possible de pousser plus loin ici l'examen de l'ouvrage, qui est une superbe contribution à l'étude économique de ce produit si employé et encore si mal connu du grand public.

La flore et les plantes utiles de Costa-Rica. — M. H. Pittier, ancien directeur de l'Institut fisico-géographique de San José, actuellement attaché au département de l'Agriculture des États-Unis à Washington, vient de faire paraître sous le titre *Ensayo sobre las plantas usuales de Costa-Rica* (1), une étude très intéressante à divers points de vue. Elle est d'abord en grande partie le résultat des investigations de l'auteur qui pendant plusieurs années a sillonné en tous sens le Costa-Rica à la recherche des plantes indigènes, naturalisées et cultivées et a publié, soit seul soit en collaboration, le résultat de ses recherches.

Comme le titre de l'ouvrage l'indique, la plus grande partie du travail est consacrée aux plantes utiles, mais l'auteur a cru nécessaire, et en cela on ne peut assez le féliciter, de faire précéder l'étude des plantes utiles par un chapitre dans lequel, après avoir fait un résumé de l'histoire des explorations botaniques du pays, il étudie les trois régions caractéristiques principales : la plaine, la montagne et la zone andine.

Dans un autre chapitre les plantes, qui sont étudiées par ordre alphabétique dans la partie principale, sont classées d'après leurs propriétés et l'auteur a pu faire des plantes costa-riciennes les catégories : alimentaires, fourragères, médicinales, fibreuses, oléagineuses, à gommes et résines, ornementales, usages divers,

(1) 1 vol. in 8°. 176 p., XXXI pl. Washington. D. C. U. S. A. 1908.

vénéneuses ; c'est-à-dire que tous les genres de plantes sont représentés dans cette flore riche qui renferme actuellement :

Lichens et Champignons	377
Phanérogames et Cryptogames vasculaires	4387
Soit au total	4764

réparties dans un très grand nombre de familles végétales, parmi lesquelles : Composées, Orchidées, Pipéracées, Graminées et Légumineuses sont les mieux représentées.

Comme nous le disions plus haut, les plantes sur lesquelles M. Pittier désire attirer l'attention sont classées par ordre alphabétique de leurs noms indigènes. Cette classification a naturellement des avantages pratiques ; malheureusement, cette manière de classer ne peut être employée que dans un pays dont la langue est bien connue et pour lequel, comme l'a fait notre auteur, on a pu déterminer l'origine des noms indigènes. Dans les colonies africaines, les noms indigènes ont bien moins de valeur.

Parmi les plantes économiques largement représentées au Costa-Rica, on doit citer les Cacaoyers dont plusieurs espèces existent à l'état sauvage dans les forêts et dont plusieurs variétés sont plus ou moins intensément cultivées.

Le caféier est également en culture depuis des années et les produits qu'il fournit, quoique encore peu abondants, sont particulièrement estimés sur les marchés d'Amérique, arrivant rarement sur nos marchés d'Europe. Des essences caoutchoutifères existent également ; celles qui ont le plus d'importance au point de vue économique, appartiennent au genre *Castilla* ou *Castillou* et aux espèces *C. costaricana* et *nicoyana ;* c'est de ces deux dernières que provient la plus grande partie du caoutchouc exportée du Costa-Rica.

Le travail du Prof. Pittier est copieusement illustré de belles planches zincographiques, représentant soit en grandeur naturelle les éléments caractéristiques des végétaux les plus intéressants, soit en réduction leurs ports, soit des aspects de la végétation des régions principales du pays.

Le livre est donc présenté comme ceux publiés antérieurement sur la flore de Porto-Rico et de l'île de Guam, c'est-à-dire sous une forme éminemment pratique. Il mérite tous les éloges et comme les précédents il doit être cité comme modèle pour tous les travaux similaires qu'il serait désirable de voir entreprendre pour toutes les colonies tropicales. Ce serait un acheminement

vers la confection de cette sorte d'encyclopédie des plantes utiles du monde que nous voudrions voir mise en œuvre.

Il est à souhaiter que M. Pittier, qui est un explorateur doublé d'un botaniste de valeur, puisse nous fournir sur les pays voisins, dont il a exploré également les territoires, des ouvrages aussi documentés que celui-ci, il rendrait ainsi à la science des services considérables.

É. D. W.

ASTRONOMIE

LA DISPERSION DE LA LUMIÈRE DANS L'ESPACE INTERSTELLAIRE

Recherches anciennes. — L'espace interstellaire, ou le vide physique constitué par l'éther libre, est-il dispersif? En d'autres termes, les radiations lumineuses de longueurs d'onde différentes — de diverses couleurs par conséquent — s'y propagent-elles avec des vitesses inégales?

Newton s'était déjà posé cette question et avait indiqué, dans une lettre à Flamsteed (10 août 1691), un moyen de la résoudre par l'observation des satellites de Jupiter (1) : s'ils présentaient, au moment où ils émergent de l'ombre de la planète, une teinte différente de celle qu'ils ont à l'instant de leurs immersions, on aurait l'indication, sinon la preuve, que toutes les couleurs, du rouge au violet, qui composent leur lumière blanche, ne marchent point du même pas.

Newton ne signale pas l'observation de l'émersion ; c'est sur l'immersion seule qu'il attire l'attention de Flamsteed. Il jugeait sans doute, et avec raison, plus difficile de saisir l'impression lumineuse initiale, suivie immédiatement d'impressions colorées diverses qui reconstituent le blanc et éblouissent l'œil, au moment de l'émersion, que l'impression finale, suivie de l'extinc-

(1) « When you observe the eclipse of Jupiter's satellites, I should be glad to know if in long telescopes the light of satellite, immediately before it disappears, incline either to red or blue, or become more ruddy or more pale than before. » Fr. Baily, *An account of the Rev. Flamsteed*, London, 1835, p. 129.

tion, qui caractérise l'immersion. Ni l'un ni l'autre d'ailleurs de ces deux phénomènes n'ont rien montré de ce que l'on attendait.

L'insuccès, a-t-on dit, est peut-être dû à la présence de l'atmosphère de la planète, qui substitue aux éclipses et aux réapparitions brusques des satellites, une variation d'éclat relativement lente. — Encore, cette variation n'empêcherait-elle pas nécessairement le phénomène de se produire ; on s'en convainc aisément. Mais on peut donner, de cet insuccès, une autre raison.

Soit d la distance à la Terre d'un astre qui nous envoie, au même instant, deux rayons, l'un *rouge*, marchant avec une vitesse V, l'autre *bleu*, se propageant avec une vitesse V′, que nous supposerons plus petite que V. Partis en même temps de leur source commune, ces deux rayons ne nous arriveront pas simultanément : ils présenteront un *décalage* dont le problème classique des courriers permet de calculer la valeur t ; on trouve

$$t = \frac{V - V'}{VV'} d.$$

Or, V et V′ sont très grands, tous deux de l'ordre de 300 000 kilom. à la seconde. La différence V — V′, si elle n'est pas nulle, ne peut être vraisemblablement que très faible. Il faut donc opérer sur une base d énorme si l'on veut rendre sensible et nettement observable le décalage t. Jupiter est trop près de nous, la distance d qui nous en sépare, dans les meilleures conditions, est trop petite pour satisfaire à cette nécessité.

Cette observation nous dispense d'insister sur une autre méthode, substituée par Arago à celle que proposait Newton. Elle consiste à observer non plus les *éclipses* des satellites de Jupiter, mais les *ombres* qu'ils projettent sur le disque de la planète. Les bords antérieurs et postérieurs de ces ombres, formés des points de la surface planétaire que le cône d'ombre atteint et de ceux qu'il quitte, devraient présenter des bandes colorées de teintes différentes, que le contraste avec la lumière blanche des parties voisines du disque ferait ressortir. Personne, de fait, n'a jamais vu rien de semblable.

Arago a été mieux inspiré en reportant beaucoup plus loin la source des variations lumineuses et en cherchant la solution du problème dans l'observation des *étoiles variables* (1).

« Sans nous occuper pour le moment, écrit-il, de la cause

(1) *Astronomie populaire*. t. I, ch. XXV, p. 405.

physique qui détermine le changement d'intensité de l'étoile o de la Baleine, nous pouvons affirmer avec certitude qu'à certaines époques, cette étoile nous envoie beaucoup de lumière ; qu'à d'autres époques, elle ne nous envoie rien ou presque rien ; qu'enfin, le passage de ce dernier état au premier se fait graduellement et avec assez de rapidité.

» L'étoile qui, aujourd'hui je suppose, n'envoie aucun rayon à la Terre, deviendra quelque temps après luisante. Alors elle nous lancera des rayons blancs, puisque sa teinte naturelle est blanche ; autrement dit, qu'on me passe l'assimilation, elle nous dépêchera simultanément et à chaque instant, *sept courriers* de diverses couleurs. Si le courrier rouge est le plus rapide, ce sera lui qui arrivera le premier pour témoigner de la réapparition de l'étoile ; la réapparition se fera donc avec une teinte rouge. Cette teinte se modifiera à mesure que les autres couleurs prismatiques, orangées, jaunes, vertes, bleues, indigo, violettes arriveront à leur tour et iront se mêler au rouge qui les avait précédées... ».

Il importe de remarquer qu'un accroissement ou une diminution d'intensité équivalent ici à un rétablissement ou à une suppression de lumière. Si, comme le suppose Arago, les rayons rouges marchent plus vite que les rayons bleus, les courbes de variation d'intensité relatives à la lumière rouge et à la lumière bleue seront *décalées*, d'autant plus, toutes choses égales d'ailleurs, que l'étoile observée sera plus éloignée de nous. Sa *couleur* devra donc changer en même temps que son *éclat global :* elle devra paraître plus *rouge* pendant la période de croissance que pendant la période de décroissance lumineuse.

« Depuis qu'il me vint à la pensée que les étoiles variables seraient un moyen de trancher la question, si controversée, de l'égalité ou de l'inégalité de vitesse des rayons lumineux de diverses couleurs, poursuit Arago, j'ai souvent examiné des étoiles périodiques blanches dans tous leurs degrés d'intensité, sans y remarquer de coloration appréciable. Je me suis assuré en outre, qu'aucun des astronomes modernes voués à ce genre de recherches, n'a mentionné de colorations réelles dans les phases d'une étoile périodique quelconque. »

Ce nouvel insuccès, non plus que les précédents, ne peut suffire à fonder une conclusion certaine. L'observation d'un changement de *teinte* au cours de la variation de l'*éclat global* d'une étoile, est extrêmement délicate ; et telle qu'Arago la présente,

cette méthode est pratiquement inutilisable ; mais nous la retrouverons tantôt très heureusement transformée.

Dans un mémoire célèbre *sur la dispersion de la lumière* (1836), Cauchy rejette l'hypothèse de la dispersion de l'espace interstellaire : si elle existait, dit-il, « les étoiles nous apparaîtraient, non plus comme des points brillants, mais comme des bandes lumineuses et très étroites, qui offriraient à nos yeux les diverses nuances du spectre solaire ».

Théoriquement, il en serait ainsi, puisque la constante de l'aberration changerait d'une couleur à l'autre. Mais la différence des vitesses des rayons extrêmes du spectre devrait être plus grande qu'il n'est permis de le supposer, pour donner à ces bandes lumineuses une étendue appréciable.

La même remarque s'applique à un autre phénomène se rattachant au pouvoir dispersif de l'espace, et signalé par Förster : la dispersion aurait pour effet d'étaler en spectre la lumière des étoiles animées d'une grande vitesse perpendiculaire à la ligne de visée.

Ces spectres seraient de l'ordre de grandeur de ceux de Cauchy. Du fait qu'on n'observe ni les uns ni les autres, on ne peut conclure que la dispersion n'existe pas, mais il est permis d'y voir une nouvelle raison de penser qu'elle ne peut être, en tout cas, que très faible.

Une indication contraire parut résulter d'expériences entreprises par MM. Forbes et Young, en 1881.

La propagation de la lumière dans l'air atmosphérique se fait dans des conditions voisines de celles où elle se produit dans le vide, et il est possible de ramener *au vide* les mesures de la vitesse de la lumière effectuées dans l'air.

Or, au cours de leurs expériences, qui avaient pour but la détermination de la vitesse de la lumière, MM. Forbes et Young ont constaté des phénomènes qu'ils ont cru devoir expliquer par une différence très nettement marquée entre les vitesses des rayons de différentes couleurs.

C'est à la méthode de la roue dentée de Fizeau, modifiée dans son application, qu'ils ont eu recours. Sans entrer dans la description des appareils, ni dans le détail de leur procédé, il nous suffira de rappeler le principe de la méthode et les faits d'observation qui intéressent notre sujet.

Lorsque la roue tourne avec une vitesse croissante, l'éclat de l'image de retour varie : il faiblit, s'éteint ou passe par un

minimum, aux instants où le temps que met la roue à défiler un nombre impair de dents est égal à celui que met la lumière à parcourir deux fois la base sur laquelle on opère ; il croît ensuite, atteint un maximum et ainsi de suite. Or l'image a paru colorée en *bleu* quand son éclat baissait, et en *rouge* quand il augmentait. Ces colorations s'expliqueraient, dans la pensée de MM. Forbes et Young, en admettant que la vitesse de propagation de la lumière *rouge* est *moindre* que celle de la lumière *bleue*. En effet, dans cette hypothèse, la vitesse de la roue correspondant à l'extinction du rouge sera atteinte *avant* celle qu'exige l'extinction du bleu. Dans la période d'affaiblissement, les rayons rouges tendront donc à *s'éclipser avant* les rayons bleus, et l'image paraîtra bleue ; l'inverse se produira dans la période de l'accroissement d'éclat.

Des expériences directes, avec de la lumière rouge et de la lumière bleue, interprétées de la même manière, ont donné une différence, ramenée au vide, de près de *2 pour 100* entre les vitesses de propagation de ces lumières. Toutefois les résultats se sont montrés peu concordants et parfois contradictoires. Aussi l'explication proposée par MM. Forbes et Young n'a-t-elle pas été accueillie avec faveur. On en a cherché d'autres dans la disposition même de leurs appareils ; et l'on a fait observer que l'écart de *2 pour 100* était bien grand pour ne pas être suspect.

Lord Rayleigh a montré que la vitesse réelle V de la propagation d'une onde individuelle, et la vitesse U d'un « train d'ondes » n'étaient les mêmes que dans un milieu à dispersion nulle. Dans un milieu dispersif, V est plus grand ou plus petit que U, suivant que V augmente ou diminue quand la longueur d'onde est croissante. Or nous connaissons la vitesse V d'une onde individuelle dans le vide par la mesure de la constante de l'aberration, et la vitesse U d'un « train d'ondes » par l'observation des satellites de Jupiter (méthode de Roemer) ; ces deux déterminations fournissent des résultats de même ordre. Il n'en serait pas ainsi si le milieu interstellaire était dispersif au point que semble l'exiger l'interprétation que MM. Forbes et Young donnent de leurs expériences.

De fait, elles n'ont pas ébranlé, dans l'esprit des astronomes et des physiciens, la foi en la conclusion d'Arago : l'éther libre n'est pas dispersif ; et Lord Kelvin exprimait sans doute l'opinion commune quand il écrivait, en 1904 : parmi les propriétés de l'éther libre, celle de propager la lumière avec la même vitesse,

quelle que soit la longueur d'onde, est une des mieux connues et des plus solidement établies par les observations astronomiques.

Ces preuves astronomiques — ce sont celles que nous avons rappelées — sont toutes négatives : en toute rigueur, on ne peut en tirer une conclusion aussi catégorique ; mais elles permettent d'affirmer — répétons-le — que si la dispersion de l'espace interstellaire existe, elle est faible et par suite difficile à constater.

Cette difficulté n'est peut-être pas insurmontable. Les premiers résultats de recherches récentes sembleraient même indiquer qu'on aurait réussi à la vaincre ; mais ils demandent confirmation. Quoi qu'il en soit, il restera à coup sûr de ces recherches, les méthodes qui y ont été employées. Elles sont intéressantes et aptes à rendre de multiples services. Nous allons les faire connaître.

Méthode des vitesses radiales de M. Tikhoff (1). — Si l'on compare le spectre d'une étoile à celui d'une source lumineuse terrestre convenablement choisie, on constate, en général, que les raies brillantes, caractéristiques d'une substance donnée, n'occupent pas rigoureusement les mêmes positions dans les deux spectres : les raies du spectre stellaire sont légèrement déplacées, vers le violet ou vers le rouge, par rapport aux raies correspondantes du spectre terrestre. D'après le principe de Doppler-Fizeau, ce déplacement résulte de la variation apparente des longueurs d'onde due au mouvement de l'étoile relatif à l'observateur. Le déplacement des raies du spectre stellaire peut être mesuré micrométriquement, et sa valeur permet de calculer la composante de la vitesse relative de l'étoile le long du rayon qui va de l'observateur à cette étoile. On donne à cette composante le nom de *vitesse radiale*.

Or, en appliquant ce genre de recherche à un grand nombre d'étoiles, on a constaté, pour quelques-unes d'entre elles, que *leurs vitesses radiales changent périodiquement de signe, en variant d'ailleurs d'une manière continue*. On en conclut que ces étoiles sont animées d'*un mouvement orbital*, qui tantôt les rapproche, tantôt les éloigne de nous, et dont la *période* se trouve, par le fait même, déterminée avec précision. Ces étoiles ont reçu le nom de *doubles spectroscopiques :* ce sont des *systèmes* trop serrés pour pouvoir être séparés par les procédés ordinaires d'observation, mais que le *spectroscope* dissocie indirectement.

(1) Comptes rendus, t. CXLVI, p. 570.

Plusieurs d'entre elles sont, en même temps, des étoiles *variables :* leur éclat change *au cours de la même période que celle de leur mouvement orbital*, et ces deux phénomènes simultanés sont très intimement liés entre eux : les raies du spectre stellaire occupent leur position normale au moment du minimum d'éclat et au milieu de deux minima successifs ; elles sont déviées vers le rouge — l'étoile s'éloigne de nous — un quart de période avant le minimum, et vers le violet — l'étoile se rapproche de nous — un quart de période après.

On a été ainsi conduit à expliquer la variation d'éclat par le mouvement orbital, amenant le passage, entre nous et l'étoile, d'un compagnon obscur au moment de la diminution d'éclat. Tout cela s'applique très bien, et dans le menu détail, à une série de variables dites du *type Algol* (β de Persée).

Ce sont des variables à courte période, dépassant rarement 5 jours ; celle d'Algol est de 2 jours 20 heures 49 minutes. La variation de lumière n'y est pas continue : à de certains intervalles, toujours les mêmes, l'éclat de l'étoile, en général constant, subit une éclipse ; il diminue rapidement pour atteindre une valeur minimum et augmenter ensuite progressivement de la même manière, jusqu'à reprendre sa valeur primitive. Le système type d'Algol se compose probablement de deux corps sphériques de mêmes dimensions, à peu près, que notre Soleil, tournant autour l'un de l'autre, dans des orbites très serrées, dix fois plus étroites que l'orbite de Mercure.

Comment ces astres peuvent-ils servir à l'étude de la dispersion de l'espace interstellaire ?

« J'ai abordé le problème de la dispersion en 1896, écrit M. Tikhoff (1), et j'ai indiqué un peu plus tard deux méthodes différentes (2). La première consiste à comparer les phases du mouvement orbital des étoiles doubles spectroscopiques ; ces phases étant calculées avec les déplacements des raies différentes » — de différentes couleurs — « espacées autant que possible dans le spectre. » Si ces radiations de couleurs diverses ont des vitesses de propagation différentes, les phases du mouvement orbital qu'elles auront servi à déterminer, seront *décalées :* elles se présenteront *plus tôt* quand on les fixera en recourant aux radiations *plus rapides*. « N'ayant pas alors les appareils nécessaires pour appliquer cette méthode, j'ai remarqué qu'on peut

(1) Comptes rendus, CXLVI, mars 1908, p. 570.
(2) Memorie della Societa degli spectrosc. italiani, XXVII, 1898.

comparer la phase du mouvement orbital (observé ordinairement dans la région Hγ) des *étoiles doubles spectroscopiques et variables en même temps,* avec la phase de leur éclat (observée oculairement, région 560 μμ). » La région Hγ correspond à des longueurs d'onde de l'ordre de 440 μμ, et à la couleur *bleue ;* la région 560 μμ répond à la lumière *orangée.*

» En admettant que les vitesses zéro doivent correspondre au minimum d'éclat, j'ai appliqué cette méthode aux étoiles δ Céphée et η Aigle (1), ce qui m'a donné des déplacements très grands (26 et 46 heures respectivement) et dans le sens tel que la dispersion serait inverse par rapport à celle des milieux transparents ». Ainsi la *courbe d'éclat*, tracée en lumière *orangée,* aurait présenté sur la *courbe des vitesses radiales* étudiée en lumière bleue, un *retard* de 26 heures pour δ Cephée, et de 46 heures pour η Aigle : l'*orangé* aurait donc marché *plus vite* que le *bleu*, et la différence, 26 et 46 heures tiendrait, sinon en totalité, du moins en partie, à l'inégale distance de ces deux étoiles à la Terre.

« Dans la même note, poursuit M. Tikhoff, j'ai indiqué la possibilité de comparer entre elles les distances des étoiles dans le cas où la dispersion supposée est réelle.

» En 1900, M. Schwarzschild (2) publie les résultats de ses observations photographiques η Aigle et β Lyre. La comparaison de ces courbes avec les courbes observées oculairement ne lui a pas donné de décalage appréciable qui dépasserait les erreurs de l'observation (± 5 heures pour β Lyre et 6 heures pour η Aigle). Ainsi, conclut M. Tikhoff, mon explication du déplacement des courbes spectrales et photométriques ne s'est pas confirmée. On connaît à présent le déplacement analogue pour 10 étoiles du type de δ Cephée, et il faut chercher son explication dans la nature même de ces étoiles (3). »

En 1898-1899, M. Tikhoff poursuit ses recherches à Meudon, et est conduit à une méthode spectrophotométrique plus simple qu'il employa plus tard.

(1) Ces deux étoiles appartiennent au type β Lyre ; ce sont des variables à courte période, dépassant rarement un mois, mais à variation lumineuse continue. Elles se rapprochent du type d'Algol en ce que les raies de leur spectre subissent aussi un déplacement oscillatoire en accord avec la période des variations d'éclat. Elles ont donc aussi un mouvement orbital. Leur spectre subit, *dans sa constitution*, des changements dont la période est en accord aussi avec celle des variations d'éclat.

(2) Publicationen der v. Kuffner'schen Sternwarte in Wien, V, 1900.

(3) Lick Observatory Bulletin, n° 118.

En 1903, M. Bélopolsky commence à Pulkovo des observations systématiques de β Cocher dans le but d'appliquer cette méthode spectrale de M. Tikhoff à l'étude de la dispersion. Une cinquantaine de ces spectres ont été étudiés par M. Bélopolsky ; ces mêmes spectres et d'autres en nombre égal ont été étudiés par M. Tikhoff d'une manière différente. Tous deux sont arrivés à la même conclusion : la phase de l'orbite *indigo* (450 μμ) *devance* celle de l'orbite *violette* (400 μμ) de 10 à 20 minutes, l'erreur moyenne de ce décalage étant à peu près la moitié du décalage même (1).

Méthode des images monochromatiques (procédé photographique). — Au commencement de 1906, M. Tikhoff reprend ses recherches à Pulkovo, en employant une autre méthode. Elle consiste à observer, photographiquement, l'éclat des étoiles variables à travers des filtres sélecteurs à la gélatine colorée, laissant passer successivement huit parties du spectre différentes, échelonnées du rouge à l'ultra-violet.

C'est, en principe, le retour à la méthode d'Arago, mais perfectionnée et rendue pratique : au lieu de suivre les phases d'éclat d'une variable, à variation rapide, *en lumière globale*, pour y saisir des variations de teintes, on les observe en *lumière monochromatique*, pour y mesurer le décalage des différentes radiations. *Cette méthode des images monochromatiques*, M. Tikhoff l'applique en photographiant l'étoile observée à travers divers écrans colorés, et en étudiant ensuite, sur la plaque, les phases de variation. Voici les résultats qu'il a obtenus :

Pour *RT Persée* étudiée à l'aide des rayons 560 μμ (vert) et 340 μμ (indigo), le minimum de la courbe *verte* est *en avance* de 4 minutes sur celui de la courbe *indigo*.

Pour *W. Grande Ourse* étudiée dans les radiations 625 μμ (orangé), 490 μμ (bleu-vert) et 380 μμ (ultra-violet), l'allure des courbes orangée et ultra-violette est bien semblable. La courbe bleu-vert est moins certaine et offre un minimum double. Le minimum orangé est *en avance* de 10 minutes sur le minimum ultra-violet.

Ainsi β Céphé, RT Persée et W. Grande Ourse ont donné un décalage de *même sens ;* de plus, comme il arrive dans les

(1) Bélopolsky, Bulletin de l'Acad. de Saint-Pétersbourg, XXI, octobre 1904. — Tikhoff, *Essai sur la dispersion d'après les observations de β Aurigae*, 1905. Voir le résumé de ces mémoires dans l'Astron. Jahrbuch, 1905 et 1906.

milieux réfringents ordinaires, ce sont *les rayons de longueur d'onde plus grande qui ont pris l'avance sur ceux de longueur d'onde plus petite.*

Seconde méthode des images monochromatiques (procédé photométrique). — Pendant que M. Tikhoff se livrait à ces observations, à Pulkovo, M. Ch. Nordmann (1) poursuivait, de façon absolument indépendante, une série de recherches analogues, à Paris, en Suisse et au cours d'une mission en Algérie, par la *méthode des images monochromatiques*, mais appliquée d'autre façon.

« Considérons, dit-il, une étoile variable dont la variation lumineuse soit rapide et de grande amplitude, telle que β Persée par exemple. L'étude photométrique des étoiles variables n'a été réalisée jusqu'ici qu'en ce qui concerne leur lumière globale; mais imaginons qu'on puisse produire, d'une manière appropriée, une série d'images monochromatiques de l'étoile considérée, dont chacune soit constituée exclusivement par ceux de ses rayons lumineux qui sont compris dans telle ou telle partie du spectre.

» Si les rayons qui nous viennent de l'étoile n'ont pas identiquement la même vitesse de propagation pour les diverses longueurs d'onde, il est évident que le minimum apparent ou une phase déterminée quelconque, relatifs à ces mêmes images monochromatiques, ne se produiront pas à la même époque, et les courbes de lumière relatives aux diverses images monochromatiques de la variable seront alors décalées, l'une par rapport à l'autre, d'une certaine quantité, fonction elle-même, sans doute, de la parallaxe de l'étoile.

» La méthode consiste donc à observer photométriquement l'époque des diverses phases correspondantes de chacune des images monochromatiques produites comme il vient d'être indiqué. On peut d'ailleurs, grâce à un dispositif simple, faire alterner rapidement les mesures d'intensité relatives aux diverses images, de sorte qu'il suffit théoriquement d'une seule période de l'étoile, c'est-à-dire d'une nuit dans le cas des variables du type Algol, pour avoir un couple complet d'observations. »

M. Nordman décrit l'appareil construit sur ces principes et la composition des écrans rouge, vert et bleu qui servent à produire les images monochromatiques de la variable étudiée et

(1) Comptes rendus, t. CXLVI, pp. 266, 383, 518, 680; t. CXLVII, pp. 24.

d'une étoile artificielle de comparaison. Il juge que sa méthode est susceptible de mettre en évidence « toute différence de phase supérieure à 3 minutes, entre les courbes de lumière des images monochromatiques relatives aux deux extrémités du spectre visible ». Ainsi, en supposant que la dispersion d'un éther homogène soit seule en cause, pour une étoile située à 60 années de lumière, soit 10 millions de fois 3 minutes, la méthode pourrait mettre en évidence une différence de $\frac{1}{10\,000\,000}$ entre les vitesses de propagation dans l'espace des deux extrémités du spectre. Pour une étoile *n* fois plus éloignée, la différence décelable serait *n* fois plus faible.

M. Nordman a étudié, par cette méthode, β Persée (Algol) et λ Taureau, variables du même type. Voici les conclusions provisoires de ses observations :

Pour β *Persée* (Algol), l'amplitude et la forme de la variation lumineuse sont, aux erreurs d'expérience près, identiques pour les diverses régions du spectre de cette étoile (1).

La courbe de lumière de l'image monochromatique *rouge* paraît nettement décalée par rapport à la courbe de l'image *bleue ;* les diverses phases de l'image rouge sont *en avance* sur celles de l'image bleue. Les phases correspondantes de l'image *verte* présentent un décalage intermédiaire.

Les rayons voisins de 680 μμ. (rouge) paraissent être en avance de 16 minutes environ sur ceux de la région 510 μμ. (vert). L'erreur probable est de l'ordre de ± 3 minutes.

Pour λ *Taureau,* comme pour Algol, la variation lumineuse a la même forme et la même amplitude pour les diverses images monochromatiques.

Les courbes de lumière de ces images présentent des décalages relatifs *dans le même sens* que pour β Persée.

La valeur de ce décalage, relativement aux images rouge et bleue, paraît comprise entre 40 minutes et 1 heure, soit trois fois plus considérable que pour β Persée.

Si nous laissons de côté la valeur brute des décalages observés, pour ne considérer que leur sens, on voit que dans les observations de M. Nordman comme dans les dernières observations de M. Tikhoff, le sens de la dispersion de l'espace céleste, à laquelle, par hypothèse, on attribue le phénomène, serait le

(1) Il n'en est plus ainsi pour les variables continues telles que δ Céphée et β Lyre étudiées, par la même méthode, par M. Nordman.

même que dans les milieux réfringents ordinaires : c'est la vitesse du rouge qui l'emporterait sur celle du violet.

Objections. — Il y a là certes un ensemble de faits de grand intérêt ; mais leur interprétation, par la dispersion cosmique, n'est pas sans soulever des difficultés, malgré son apparente simplicité.

Déjà, en 1906, M. Lebedew s'était élevé contre pareille interprétation présentée par MM. Bélopolski et Tikhoff pour les décalages observés sur β Cocher. Il a renouvelé ces objections à propos des observations récentes (1).

Pour les expliquer, dit-il, par la dispersion cosmique, il faudrait que celle-ci fût comparable à la dispersion de l'air atmosphérique à 7 mm. de pression et à 0° C.

Or nous ne pouvons attribuer pareilles dispersions à une matière gazeuse ordinaire, où la dispersion est liée à l'absorption, parce que celle-ci serait si grande, dans ces conditions, que nous ne verrions ni les étoiles, ni même le Soleil. Nous ne pouvons pas non plus l'attribuer à l'éther lui-même sans renverser toutes nos théories électromagnétiques.

Il est possible d'ailleurs de donner des faits observés une autre explication, basée sur les propriétés physiques des étoiles variables : ce serait l'asymétrie de l'atmosphère absorbante du satellite qui se manifesterait ici.

Bien plus, la méthode de l'observation des minima dans les rayons différents ne peut pas servir à la recherche de la dispersion, puisqu'elle suppose la symétrie rigoureuse des atmosphères des satellites, hypothèse qui ne peut être vérifiée d'une manière indépendante.

A la première objection, M. Tikhoff (2) répond par l'analyse des résultats que lui ont donnés les observations de RT Persée, et il essaie de montrer que la dispersion cosmique qu'ils supposent n'a rien d'inadmissible. Mais les quelques mesures effectuées jusqu'ici sont trop peu nombreuses, trop peu précises et les conditions générales du problème trop mal connues, pour qu'on puisse dès maintenant en aborder la discussion au point de vue quantitatif.

A propos de la seconde objection, M. Tikhoff fait observer

(1) Comptes rendus, t. CXLVI, p. 1254.
(2) Ibid., t. CXLVII, p. 170.

que l'asymétrie de l'atmosphère du satellite pourrait tout aussi bien agir *en sens contraire,* et par suite diminuer l'effet dû à la dispersion cosmique. D'autre part, l'explication que propose M. Lebedew ne serait pas applicable aux étoiles telles que W Grande Ourse dont la variation d'éclat est continue, et ne suppose pas l'intervention d'un satellite.

Enfin, si des causes multiples concourent vraisemblablement à la production des phénomènes observés, il ne paraît pas impossible de dégager la part qui peut revenir, dans l'ensemble, à la dispersion cosmique, grâce à ces deux propriétés : les décalages qu'elle produit doivent être proportionnels aux distances des étoiles observées ; et pour chaque étoile, ils doivent pouvoir se présenter par une fonction continue de la longueur d'onde, la même pour toutes les étoiles, fonction qui nous ferait connaître la *formule de dispersion* du milieu stellaire supposé identique dans tout l'espace.

Un travail préliminaire s'impose donc, avant toute interprétation des faits observés, sur les causes multiples qui peuvent y superposer leurs effets. M. Nordman s'y est appliqué en étudiant les causes, autres que la dispersion, capables de produire des décalages entre les minima des diverses courbes de lumière monochromatiques des étoiles variables à satellite. Voici de brèves indications sur ses premières conclusions.

Toute différence entre la vitesse de rotation de l'étoile principale et la vitesse angulaire de révolution du satellite, ainsi que toute variation relative de ces deux vitesses, doit, toutes choses égales d'ailleurs, produire un décalage entre les minima des courbes de lumière relatives à des régions différentes du spectre.

En suivant les conséquences de cette proposition, on arrive à cette constatation : les minima observés dans le rouge précèderont ou suivront le minima du bleu, pour une même étoile, suivant l'orientation de son orbitre.

Ceci semble donner raison à M. Lebedew quand il affirme que l'observation des minima, en lumière variée, ne peut rien nous apprendre sur la dispersion cosmique. Mais il est certains cas où la méthode des images monochromatiques permettrait de séparer de l'effet combiné de cette cause de décalage et de l'asymétrie de l'atmosphère du satellite, celui de la dispersion. Voici, d'après M. Nordman, le principe de cette séparation. Pour les étoiles du type Algol, le retard ou l'avance relatifs de deux radiations, dus à la dispersion du vide ont la même durée, quelle que soit la phase de variation de l'étoile ; le décalage qui en

résulte entre les deux courbes de lumière correspondantes, commence et cesse *brusquement* avec la variation lumineuse. Au contraire, le décalage que peuvent produire les autres causes invoquées dans le système même de l'étoile, *décroît progressivement de part et d'autre du minimum pour s'annuler au début et à la fin de la variation.*

Le problème de la dispersion du vide, on le voit, est très complexe. Peut-être résistera-t-il au nouvel assaut qu'on lui livre. S'il devait en être ainsi, MM. Tikhoff et Nordman n'en auraient pas moins le mérite d'avoir créé de nouvelles méthodes d'observation, et un nouvel instrument de travail utile à plusieurs fins.

N. N.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Annuaire pour l'an 1909, publié par le Bureau des longitudes, avec des notices scientifiques. Un vol. in-16, 710, A. 116, B. 57, C. 11, D. 47 pages. — Paris, Gauthier-Villars.

Suivant l'alternance adoptée, ce volume, de millésime impair, contient, outre les données astronomiques, des tableaux relatifs à la métrologie, aux monnaies, à la géographie, à la statistique et à la météorologie. Nous signalons tout spécialement les notices de M. G. Bigourdan : **Les étoiles variables**, et celle de M. Ch. Lallemand : **Mouvements et déformations de la croûte terrestre.**

S. Thomæ. — Vorlesungen über bestimmte Integrale und die Fourierschen Reihen. Un vol. in-8° de vi + 182 pages. — Leipzig, Teubner, 1908.

L'ouvrage de M. Thomæ n'est pas une monographie au sens où nous sommes habitués à voir appliquer ce mot. Il ne faut pas y chercher le développement naturel et approfondi d'une notion. On a simplement recueilli et groupé tout ce qui, dans les traités généraux, touche de près ou de loin aux intégrales définies et aux séries de Fourier. Nous ne pouvons pas dire que le sujet ait été pensé à neuf. De nombreux exemples de calculs d'intégrales empruntés à la physique ou à la mécanique sont joints à

la théorie pure. Des négligences typographiques ont, en assez grand nombre, échappé à la vigilance des correcteurs. Voici le plan de ces leçons : Théorèmes préliminaires de la théorie des fonctions. L'intégrale, inverse de la dérivée. L'intégrale, limite de somme. Intégration de fonctions non bornées. La série de Fourier. Les cordes vibrantes. Intégrales doubles. Intégrale double de Fourier. Intégrale d'Euler. Intégration de différentielles à deux termes. F. W.

Kurt Hensel. — Theorie der Algebraischen Zahlen, tome premier. Un vol. in-8° de XI + 349 pages. — Leipzig, Teubner, 1908.

La *Théorie des nombres algébriques* de M. Hensel se recommande par la clarté de l'exposé, par le soin de la forme et la correction de l'expression. Malgré la difficulté inhérente au sujet, elle pourra être lue sans fatigue par celui qui possède les notions élémentaires des mathématiques. Elle tient le milieu entre l'extrême et impersonnelle concision et cette liberté d'allures un peu excessive que se donnent parfois, sous prétexte de rendre leurs leçons plus originales et plus vivantes, certains professeurs allemands. Nous sommes persuadé que l'ouvrage de M. Hensel servira très heureusement de guide à ceux qui, devant ou voulant se passer de maître, ont à s'aventurer seuls sur l'aride terrain de la théorie des nombres. Ce premier tome contient la théorie générale de la divisibilité des nombres algébriques. Le partage et l'ordre des matières sont substantiellement les mêmes que ceux des traités analogues. F. W.

R. V. Lilienthal. — Vorlesungen über Differentialgeometrie, tome I : Théorie des courbes. Un vol. in-8° de VI + 368 pages. — Leipzig, Teubner, 1908.

Ces *Leçons de géométrie infinitésimale* s'imposent à notre attention plus par la méthode suivie dans l'exposition que par leur contenu objectif. A ce dernier point de vue pourtant, nous noterons l'importance considérable donnée à l'élément cinématique à côté de l'élément géométrique. On sait combien féconde fut l'introduction des axes ou trièdres de référence mobiles dans la théorie des familles de courbes planes et surtout dans la théorie des courbes gauches. L'auteur a largement profité de ces avantages. Il a laissé de côté, de peur d'encombrement, la documentation bibliographique. Il s'est contenté d'indiquer brièvement comment prirent naissance les questions récentes que

traite la géométrie infinitésimale. Ajoutons qu'il a consacré un soin spécial à l'étude détaillée et systématique des singularités géométriques, tels par exemple les points singuliers des développées.

Une caractéristique frappante de l'exposé de M. Lilienthal est l'exclusion voulue et inexorable de la notation différentielle. Les transformations analytiques sont toujours formellement ramenées à des calculs de limites. La notion d'infiniment petits de divers ordres se trouvant éliminée entraîne dans son ostracisme la théorie des contacts des divers ordres. A parler franchement, nous croyons que M. Lilienthal a poussé le scrupule un peu loin. Sans vouloir contester que l'on ait fait jouer parfois aux infiniment petits un rôle difficile à justifier, et que, de nos jours encore, dans certaines branches des mathématiques appliquées, notamment dans la physique mathématique à la manière de certaine école anglaise, leur emploi est d'une rigueur plus que douteuse, nous ne voyons pas le mal qu'ils peuvent occasionner dans la géométrie infinitésimale. Ceux qui abordent cette étude sont des analystes pour qui la notion de différentielle n'est pas moins nette ni moins sûre que celle de limite : ils savent la hiérarchie suivant laquelle se distribuent les infiniment petits ; ils savent la respecter. Sans doute, la géométrie infinitésimale n'a rien perdu de sa solidité pour s'être interdit l'usage explicite des infiniment petits ; ajoutons même qu'elle s'en trouve moins alourdie qu'on n'eût pu le craindre. Mais qu'y a-t-elle gagné ?

Une des préoccupations manifestes de l'auteur est de serrer le parallélisme entre la courbe géométrique et sa représentation analytique. Il ne faut pas qu'on s'enlise dans les formules — nicht in den Formeln stecken bleiben — mais qu'on en lise toujours avec clarté le contenu géométrique. Cette marche en partie double de la théorie — intuition et analyse — met en lumière des points qui souvent restent inaperçus, par exemple, le fait qu'à toute singularité analytique ne répond pas toujours une singularité géométrique ; que la définition de l'enveloppe comme lieu des points limites d'intersection de deux courbes voisines d'une même famille peut, dans certains cas, avoir un sens pour l'algébriste, alors qu'elle est illusoire pour le géomètre ; que la définition analytique unique de l'enveloppe a deux significations bien différentes dans la représentation géométrique, etc.

Comme nous l'avons dit plus haut, M. Lilienthal a le souci de montrer à ses lecteurs comment par la progression naturelle de l'investigation mathématique les divers problèmes sont venus

se présenter à l'attention des géomètres. Ses *Leçons* ne sont donc pas un enchaînement logique artificiel des théorèmes, j'allais dire un squelette scientifiquement articulé, mais un tout où s'aperçoivent de multiples liaisons, de multiples actions et réactions de la pensée avec toutes les apparences de la vie. De tels ouvrages où sont exposées non les théories tout apprêtées pour l'enseignement, mais la théorie se construisant elle-même dans son développement historique, tendent à se multiplier non seulement en mathématiques pures mais dans les sciences appliquées. Ils risquent de rencontrer un écueil : celui de se trouver flous et sans fermeté. M. Lilienthal a su l'éviter en n'abordant jamais une question sans l'avoir énoncée au préalable sous forme de problème à résoudre.

L'outillage analytique nécessaire pour aborder ces *Leçons* est véritablement réduit au minimum. Les fonctions qu'on y considère sont toujours censées exemptes de singularités non représentables dans l'intuition et sont du type des *bonnes fonctions*.

F. W.

Emanuel Czuber. — Wahrscheinlichkeitsrechnung, Tome I : Calcul des probabilités, théorie des erreurs, théorie des collectivités. Deuxième édition. Un vol. in-8° de x + 410 pages. — Leipzig, Teubner, 1908.

En annonçant la nouvelle édition du *Calcul des Probabilités* de M. Czuber, nous nous contenterons de signaler les points qui la différencient de l'édition de 1902-1903. Nous retrouvons ici les deux premières parties de cette édition : le Calcul des Probabilités et la Théorie des Erreurs ; en outre, une partie toute nouvelle : la Théorie des Collectivités traitée d'après les ouvrages de Lipps et de Bruns. Un second volume renfermera les questions de statistique et d'assurances. Beaucoup d'améliorations apportées à la rédaction ont fait disparaître l'apparence un peu touffue et un peu négligée de la première édition.

F. W.

Paul Carus. — The Foundations of Mathematics, a contribution to the philosophy of geometry. Un vol in-12 de 141 pages. — Chicago, Open Court Publ. C°, 1908.

Le titre qu'on vient de lire promet trop. Ces quelques pages sont une série de remarques originales, souvent profondes, plutôt qu'une synthèse philosophique serrée. On se représentera suffisamment leur contenu global par les en-têtes des sections

principales que nous reproduisons : *La recherche des fondements de la géométrie : esquisse historique. La base philosophique de la mathématique. Mathématique et métagéométrie. Epilogue.* Il est impossible d'indiquer ici toutes les idées émises, a fortiori d'en aborder la discussion.

L'esquisse historique est sobre, de caractère populaire, comme dit l'auteur. Il a voulu intéresser, non s'y approvisionner d'éléments d'analyse philosophique ou d'autorités en faveur de ses opinions. Ce sont des œuvres mortes, qui pourraient disparaître sans dommage pour le reste.

M. Carus tâche d'établir son assiette philosophique entre le transcendantalisme Kantien et le vieil empirisme. Il intitule sa position : le néo-positivisme.

Reconnaissant, avec Kant, l'apriorisme des notions mathématiques et leur « pure formalité », il prétend s'écarter du subjectivisme de ce dernier en attribuant à l'existence objective elle-même des relations que ne feraient que traduire et exprimer les relations transcendantes que nous découvrons dans notre esprit. Tout en se cramponnant à l'apriorisme, seul moyen de sauver le caractère absolu des notions intelligibles, il ne craint pas d'appeler l'esprit un produit de la mémoire. Les sensations, se distribuant automatiquement dans la mémoire suivant leurs formes propres, y ont tracé petit à petit et comme par érosions successives les notions a priori.

La notion d'espace n'est pas une notion statique : elle implique une motilité complètement indéterminée (the anyness of motility). « L'espace est la possibilité du mouvement, et en nous mouvant idéalement de ci de là dans toutes les directions possibles dont l'ensemble est inépuisable, nous construisons notre notion d'espace pur. » Le mot *Anschauung* employé par Kant a l'inconvénient de se présenter sous un aspect d'immobilité.

L'auteur insiste sur ce point que les qualités primordiales (straightness, flatness, rectangularity) des êtres géométriques ne peuvent être définies par des éléments numériques. Pourtant lorsque, plus loin, il traite des diverses géométries, il semble ramener toute géométrie à des éléments numériques et n'y voir que des procédés de mesure de l'espace. A notre avis, on ne sépare pas assez nettement dans la géométrie ce qui suppose uniquement l'intuition spatiale et ce qui implique, en outre, des notions de raison.

Il est regrettable que pour clore ces réflexions sur la géométrie dont plus d'une est discutable, mais qui, sans contredit, ont le

mérite d'être originalement pensées et exprimées, l'auteur ait senti le besoin de déifier l'Absolu mathématique.

F. W.

Max Planck. — Das Prinzip der Erhaltung der Energie. Deuxième édition. Un vol in-12 de XVI + 278 pages. — Leipzig, Teubner, 1908.

La première édition de cet ouvrage, parue en 1887, était un mémoire envoyé en réponse à une question de concours posée en 1884 par la Faculté de philosophie de Göttingen. On demandait un exposé historique précis de l'usage du mot « énergie » en physique ; une définition nette des diverses formes de l'énergie ; enfin une discussion du principe de la conservation de l'énergie considéré comme loi universelle de la physique. Le mémoire du savant professeur de Berlin fut couronné.

Depuis 1887 la théorie de l'énergie s'est bien profondément modifiée ; mais son développement ne s'est pas fait dans la direction du principe de conservation. Ce principe, à quelques aspects nouveaux près, est resté ce qu'il était il y a vingt ans. Aussi a-t-il suffi à l'auteur d'une simple mise au point dans la préparation de la nouvelle édition.

La partie historique de l'ouvrage rappelle les idées de Carnot, de Mayer, de Colding, de Helmholtz, de Clausius, de Thomson. Dans la partie théorique, l'auteur définit l'énergie, la conservation, la superposition des énergies, et démontre le principe fondamental ; enfin dans une dernière section, distinguant les diverses formes d'énergie, il précise les notions d'énergie mécanique, d'énergie thermique et chimique, d'énergie électrique et magnétique.

Le point de vue fondamental de Thomson a été adopté pour l'exposé de la notion de l'énergie. Au gré des ultra-logiciens, la conception paraîtra peut-être trop dépendante de l'expérience. Aux yeux des mystiques de l'énergétique, elle pèche probablement par excès de circonspection. F. W.

Bernard Brunhes. — La dégradation de l'Énergie. (Bibliothèque de Philosophie scientifique). Un vol. in-8° de 388 pages. — Paris, Ern. Flammarion, 1908.

Accessible à tous les esprits cultivés, ce livre présente un intérêt scientifique et philosophique considérable : il met parfaitement au point une foule de notions délicates qu'une vulgarisation ignorante et maladroite a trop souvent faussées. Voici un aperçu de la table des matières :

Introduction. Le contre-sens universel sur le mot « énergie ».

Première partie. Classification des diverses formes d'énergie. I. Exposé général de la loi de dégradation de l'énergie. — II. Formes supérieures de l'énergie. Énergie mécanique, élastique, électrique. — III. L'énergie chimique libre. — IV. L'énergie de l'air comprimé et le froid artificiel. — V. Formes inférieures de l'énergie. 1. La chaleur. — VI. 2. La lumière. — VII. 3. Les chaleurs latentes de changements d'état physique.

Seconde partie. Le sens des transformations spontanées. — VIII. L'irréversibilité et le frottement. — IX. Frottements électrique et magnétique. — X. La tendance à l'homogène. La diffusion. — XI. Un agent de dégradation dans la nature : le tourbillon. — XII. La dégradation de l'énergie chimique. — XIII. La dégradation de l'énergie dans l'être vivant. — XIV. Le rôle de l'industrie. — XV. La dégradation de l'énergie intra-atomique.

Troisième partie. XVI. Histoire d'un principe et d'un mot. — XVII. L'histoire du mot « énergie ».

Quatrième partie. Dégradation et mécanisme. — XVIII. La crise du mécanisme. 1. Le retour à la physique cartésienne. — XIX. 2. La réaction contre le mécanisme : l'énergétique. — XX. 3. Le nouvel aspect de l'atomisme. — XXI. Les systèmes mécanistes et la dégradation de l'énergie.

Cinquième partie. La portée du principe de la dégradation de l'énergie. — XXII. La dégradation de l'énergie n'est-elle qu'une probabilité ? — XXIII. L' « instabilité de l'homogène ». — XXIV. Les tentatives d'extension du principe à l'univers. — XXV. La dégradation de l'énergie devant la critique des sciences. — XXVI. La lente diffusion de l'idée de dégradation de l'énergie. — Conclusion.

Parmi les volumes récemment parus de la même collection, nous signalerons comme particulièrement intéressants :

Émile Picard. La science moderne et son état actuel. Un vol. de 301 pages. **Lucien Poincaré.** La Physique moderne, son évolution. Un vol. de 311 pages. J. T.

Œuvres de Pierre Curie, publiées par les soins de la Société Française de Physique. Un vol. grand in-8° de xxii-621 pages, avec portrait, deux planches et figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1908.

Cette superbe édition s'ouvre par une préface de Mme Pierre Curie qui nous fait assister au travail intense et aux importantes découvertes de l'illustre physicien français. Ses notes et mémoires sont groupés par ordre des matières ; en voici un aperçu :

I. Recherches sur la détermination des longueurs d'onde des rayons calorifiques à basse température. — II. Cristallographie ; pyroélectricité : piézo-électricité : symétrie (15 articles). — III. Équations réduites ; mouvements amortis (2 articles). — IV. Sur la conductibilité des diélectriques solides. — Sur l'emploi des condensateurs à anneau de garde et des électromètres absolus. — Propriétés magnétiques des corps. — VI. Radioactivité (30 articles). — VII. Expériences diverses à faire avec une balance (manuscrit inédit, 1903). — VIII. Appareils (8 articles).

L'ouvrage se termine par diverses photographies du très médiocre laboratoire où se fit la découverte du radium, à l'École de Physique et Chimie de la ville de Paris.

J. T.

Albert Turpain. — La télégraphie sans fil et les applications pratiques des ondes électriques. Télégraphie avec conducteur. Télégraphie sans fil. Commande à distance. Prévision des orages. Courants de haute fréquence. Éclairage. Deuxième édition. Un vol. in-8° (Bibliothèque technologique) de XI-396 pp. avec 224 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars. 1908.

Exposé excellent des applications pratiques des ondes électriques, s'adressant à la fois au grand public et aux techniciens. La plus large part est faite à la télégraphie sans fil.

Après une étude générale des ondes électriques — modes de production et d'observation des phénomènes — l'auteur développe les principes de leur application à la télégraphie sans fil : détails des dispositifs, questions d'amortissement et de d'accouplement, syntonie ; progrès de la télégraphie sans fil, essais de téléphonie sans fil. Il expose ensuite les applications des ondes à la télégraphie avec conducteurs. La commande à distance et l'étude des orages font l'objet de deux chapitres. Viennent enfin l'exposé des procédés permettant de produire les courants de haute fréquence à partir des ondes électriques, et celui d'expériences permettant de produire l'éclairage au moyen des courants de haute fréquence, essais de pure curiosité jusqu'ici, mais qui sont peut-être le germe d'applications pratiques futures.

J. T.

Impr. F. & R. Ceuterick, rue Vital Decoster, Louvain.

ÉTUDE

SUR

QUELQUES EFFETS REMARQUABLES

DE

L'ÉLASTICITÉ DES LIQUIDES

Quand on propose de citer des corps élastiques, la première idée qui se présente à notre esprit concerne certains solides, par exemple la gomme élastique, le caoutchouc, ou bien certains gaz tels que l'air, l'hydrogène, le gaz d'éclairage : généralement on ne songe pas aux liquides. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner que, pendant très longtemps, ceux-ci aient été regardés comme incompressibles ; il a fallu les expériences de plus en plus rigoureuses de Canton, de Perkins, d'Œrsted, de Colladon et Sturm, de Regnault, etc. pour mettre enfin hors de doute la compressibilité des liquides ; seulement, comme il fallait s'y attendre, elle est très faible : par exemple, l'eau distillée à la température de la glace fondante et sous la pression d'un kilogramme par centimètre carré, perd à peine les 50 millionièmes de son volume. Mais dès que la pression cesse d'agir, le liquide reprend exactement son volume primitif ; il suit de là que son élasticité est parfaite.

Il convient d'ajouter que la moindre diminution de

volume qu'éprouve une masse liquide sous l'action d'une force mécanique, y détermine aussitôt une réaction énergique en vertu de laquelle la masse tend à reprendre sa constitution normale. C'est l'un des motifs pour lesquels il n'est pas permis de regarder toujours les liquides comme pratiquement incompressibles ; car cette hypothèse rend parfois impossible l'explication d'un grand nombre de phénomènes curieux. A ce propos, qu'il nous soit permis de résumer les principales publications où nous avons décrit quelques-uns des nombreux effets de l'élasticité des liquides.

C'est en 1896 qu'a paru notre première note à ce sujet (1) : nous y citons d'abord quelques faits des plus simples et relatifs au choc d'un liquide contre un liquide ou contre un solide ; puis nous passons à l'influence mystérieuse d'une atmosphère électrisée sur un jet d'eau très fin et dirigé de bas en haut. Nous cherchons ensuite la vraie cause de l'explosion avec laquelle éclate une bulle de savon : nous avons montré sans peine que cette explosion est d'autant plus vive que la bulle est plus mince ; à coup sûr cette particularité méritait d'être signalée, et n'avions-nous pas ainsi une très belle occasion de prouver que le phénomène le plus vulgaire mérite d'être étudié ?

En terminant la note, nous disions pourquoi, selon nous, l'ingénieur allemand Weisbach n'a pas pu réaliser une longue veine liquide horizontale, lancée par un orifice circulaire d'un centimètre de diamètre et sous une pression de 122 mètres d'eau. Dans ces conditions, l'eau à sa sortie était tellement comprimée qu'elle ne pouvait se détendre sans contracter une élasticité de traction telle que toute la masse s'éparpillait, comme l'a observé Weisbach.

La même année, dans une deuxième communica-

(1) Bull. de l'Acad. Roy. de Belg., t. XXXII, p. 270.

tion (1), nous avons rappelé les expériences classiques de François Donny sur la cohésion des liquides et sur leur adhérence aux corps solides ; c'est à ce propos que nous avons pu conclure que l'eau possède non seulement une grande élasticité de compression, mais encore une étonnante élasticité de traction. Comment, dira-t-on sans doute, l'eau peut-elle être étirée entre certaines limites et exercer alors une traction très forte sur l'enveloppe qui la contient ? Assurément pareille chose semble incroyable, mais les faits sont là pour en donner des preuves irréfragables : témoin les expériences d'Osborne Reynolds sur l'élasticité de traction développée dans un liquide par la force centrifuge ; celles de Berthelot sur ce qu'il appelle l'extension mécanique produite dans l'eau par le refroidissement ; enfin et surtout celles de M. Worthington qui non seulement démontrent l'extension en volume de l'alcool, mais permettent même de déterminer la force élastique de traction correspondante. C'est ce qui nous a permis de conclure qu'une veine liquide descendante est soumise à la fois à une tension superficielle et à la force élastique de traction développée sans cesse dans la masse entière par l'action de la gravité ; voilà pourquoi toute veine descendante produit un son qui lui est propre, absolument comme une corde ne devient sonore que par l'effet d'une tension suffisante.

Notre travail se termine par la description d'une expérience tout à fait analogue à celle imaginée par Joseph Plateau dans le but de réaliser une lame liquide cylindrique en faisant s'écouler de l'eau par une fente circulaire pratiquée au fond d'un vase de 60 centimètres de hauteur. Jamais l'ingénieux physicien n'a pu réussir, malgré les multiples essais qu'il a fait faire ; mais la réalisation qu'il avait en vue était absolument impos-

(1) Bull. de l'Acad. Roy., 3me série, t. XXXII, p. 448, 1896.

sible, parce que l'ensemble de la masse émergente était aussitôt soumis à des forces élastiques de traction qui la faisaient dévier vers l'axe de figure, de manière qu'on obtenait une sorte de sac liquide au lieu d'une lame cylindrique.

En 1890, dans notre troisième note (1), nous avons tâché d'expliquer les particularités des nappes de Savart, étudiées successivement par Hagen, Tyndall, J. Plateau, Boussinesq et moi-même en 1878. Les différentes phases du phénomène sont très intéressantes et méritent d'être décrites en détail, à cause de la confirmation qu'elles apportent à notre théorie.

Première phase : « Sous une charge initiale de 2 mètres, l'eau, d'abord parfaitement calme, tombe sur un disque horizontal de 27^{mm} de diamètre et placé à 20^{mm} de distance à l'orifice dont le diamètre est de 12^{mm}. Après le choc, il se produit une nappe circulaire et continue, dont le diamètre est d'environ 60 centimètres. La partie centrale est mince, unie et transparente, mais son pourtour a une plus grande épaisseur, est trouble, et offre l'aspect d'une zone annulaire recouverte d'un grand nombre de stries rayonnantes, coupées par d'autres stries, mais circulaires qui projettent au loin une multitude de gouttelettes. »

Pour expliquer cette phase, nous avons raisonné comme suit : Comme la charge initiale est de 2 mètres, le choc de l'eau contre le disque développe une forte pression du liquide ; mais en raison de sa parfaite élasticité, il n'y a pas de perte sensible de force vive, et la détente s'opère en une très petite fraction de seconde pendant laquelle le liquide est lancé dans tous les sens parallèlement au plan du petit disque. Aussi longtemps que les distances intermoléculaires ne tendent pas à augmenter, les seules forces retardatrices sont les ten-

(1) Bull. de l'Acad. Roy., 3me série, t. XXXVI, p. 298, 1898.

sions superficielles des deux faces de la nappe ; c'est pourquoi la partie centrale de cette dernière est unie et transparente.

Mais par l'étirement de la lame amincie et agrandie, il se développe de l'élasticité de traction, c'est-à-dire que les particules éprouvent des écarts très minimes, il est vrai, mais suffisants pour faire naître subitement des résistances énergiques : alors les tranches qui arrivent viennent choquer celles qui se sont ralenties ; de là des bandes circulaires d'où s'échappent constamment des gouttelettes ; un peu plus loin, nouveau choc, nouvelle bande circulaire d'où se détachent de petites masses tout à fait irrégulières dans leur forme et leur grandeur. Ce qui renforce encore l'éparpillement du liquide, ce sont les pressions exercées contre les portions terminales de la nappe, pressions dues non seulement aux tensions superficielles des deux faces, mais encore aux forces élastiques de traction de toute la masse ; d'où résultent les fortes dentelures qui paraissent et disparaissent tour à tour au même endroit et accusent l'existence de vrais mouvements vibratoires.

Deuxième phase : « A mesure que la charge diminue, le diamètre de la nappe s'agrandit peu à peu, l'auréole devient plus transparente, sa largeur diminue, elle se couvre de larges bosselures et disparaît enfin entièrement, quand la pression à l'orifice n'est plus que de 60 centimètres environ. La nappe atteint alors son diamètre maximum qui est d'à peu près 80 centimètres ; elle apparaît sous la forme d'une large capsule parfaitement unie et dont le contour libre légèrement dentelé lance un grand nombre de gouttelettes partant des angles saillants des dentelures. »

N'est-il pas surprenant de voir s'agrandir la partie transparente de la nappe, quand la charge diminue ? Cela provient de ce que par la diminution de la vitesse, le degré d'élasticité de tension devient de moins en

moins marqué et le mouvement de la masse plus régulier.

Troisième phase : « Si la pression continue à décroître, ce diamètre diminue graduellement et la lame se recourbe à la partie inférieure en se portant vers la tige qui soutient le disque ; à la pression de 32 à 33 centimètres, elle se ferme entièrement en revêtant la forme d'un solide de révolution d'environ 40 centimètres de diamètre et 45 de hauteur, dont la surface est parfaitement unie et dont la génératrice ressemble beaucoup à une lemniscate. »

Pour faire comprendre cette troisième phase du phénomène, suffit-il d'invoquer la tension superficielle de la lame, comme Joseph Plateau et nous-même nous l'avons fait il y a bien longtemps ? Nous ne le croyons plus, car nous estimons qu'il naît dans l'intérieur de la masse en mouvement des pressions normales qui ajoutent leur effet à celui de la force contractile superficielle, et qui suffisent non seulement à fermer la nappe, mais encore à la faire remonter sensiblement le long de la tige qui supporte le disque.

Phases finales : « Quand la pression diminue encore davantage, il arrive un instant où la nappe fermée semble tiraillée, surtout dans la portion la plus large ; en quelques secondes, on voit alors se dessiner une arête saillante dans cette portion, et aussitôt après, la lame se soulève, et de convexe qu'elle était vers le haut, elle devient concave ; de son bord descend une lame courbe fermée vers le bas. Cette figure ne persiste que quelques instants pour se changer de nouveau en une sorte de vase fermé en bas comme précédemment, mais de dimensions moindres. Ces changements brusques peuvent se reproduire plusieurs fois avant que l'écoulement cesse tout à fait. »

Vers 1875, M. Boussinesq a esquissé une théorie de la formation des nappes de Savart, unies ou fermées,

mais ses calculs ne font pas voir d'où dérive la transformation des nappes. En 1878, nous avions proposé une explication plus ou moins plausible, mais nous n'avions tenu aucun compte des effets de l'élasticité des liquides au sein même de leur masse.

C'est seulement en 1898 que nous avons tâché de montrer que l'élasticité doit nécessairement produire les singularités qui avaient tant surpris Savart, mais dont il avait vainement cherché la cause. Voici, pensons-nous, l'explication désirée : dès que le choc du liquide contre le disque s'est effectué, la détente qui suit la compression se fait d'autant plus vite que l'eau s'étale davantage sur la surface courbe ; mais bientôt, en vertu de la pesanteur, il se produit dans toute la masse un étirement qui rend difficile le passage par la section horizontale la plus large de la lame ; la portion voisine est travaillée, parfois elle fait remonter le bas de la figure le long de l'axe ; du moment où se montre une arête saillante dans la portion la plus large, il n'y a plus assez de liquide pour alimenter la partie inférieure de la nappe, qui s'ouvre brusquement. Aussitôt la portion supérieure, sollicitée par les forces de traction signalées ci-dessus, est soulevée au-dessus du plan du disque et dessine une lame concave vers le haut, comme l'a observé Savart.

Ce qui vient entièrement à l'appui de notre explication, c'est que, d'après nos propres expériences, il n'y a jamais de relèvement brusque, lorsqu'on opère avec une charge constante, ou bien quand la charge, au lieu de diminuer graduellement, va au contraire en croissant ; enfin le phénomène ne se manifeste pas non plus dans le cas où la nappe présente une ouverture.

Abordons maintenant le résumé de notre quatrième communication (1) dans laquelle nous avons appliqué

(1) Bull. de l'Acad. Roy. de Belg., Classe des Sciences, p. 497, 1899.

notre théorie aux belles recherches de Magnus sur les lames produites par le choc de deux veines liquides horizontales dont les axes se coupent sous un certain angle (1). Pour un angle d'environ 40°, par exemple, il se forme, à partir du point de rencontre, une première lame verticale et allongée dans le sens du mouvement général et dont les bords, supérieur et inférieur, se recourbent et vont se rencontrer sous un certain angle en un point d'où part une deuxième lame de forme analogue, mais dans un plan horizontal ; puis vient une troisième lame laquelle est verticale ; au delà, le liquide s'éparpille.

Magnus déclare expressément que chaque lamelle ainsi formée a l'aspect d'une membrane tendue ; d'autre part, il regarde les liquides comme élastiques, car, selon lui, si deux veines se rencontrent d'une façon centrale suivant des directions opposées, les particules sont comprimées et obéissent à cette compression en se mouvant latéralement. Puisqu'il y a une véritable détente, n'est-il pas naturel de croire à une élasticité réelle de traction ? Le physicien allemand n'y songe pas, sans doute parce que cette propriété des liquides lui paraît impossible.

En 1873, J. Plateau a nettement attribué la limitation des lamelles consécutives à la tension superficielle des deux faces de chacune d'elles, et à la pression capillaire exercée aux différents points des bourrelets. Comme il regardait les liquides comme pratiquement incompressibles, il n'a pu invoquer les variations de l'élasticité de ces corps.

En 1881, nous avons tâché d'expliquer les particularités des lames de Magnus en ayant égard à la variation de l'énergie potentielle éprouvée par l'unité de masse du liquide pendant son trajet, mais pas plus

(1) *Hydraulische Untersuchungen* (Ann. de Pogg., t. XCV, p. 1, 1855).

que notre illustre maître, nous n'avons songé à attribuer quelque influence à des changements pourtant incontestables dans l'élasticité même du liquide en mouvement. C'est pourquoi nous avons soumis en 1899 les curieuses expériences de Magnus à un nouvel examen théorique et expérimental.

A cet effet, nous avons passé rapidement en revue les divers cas qui peuvent se présenter pour deux jets cylindriques de diamètre 2R et faisant entre eux un angle 2α ; l'intersection géométrique de ces deux cylindres sera une ellipse ayant pour demi-axes principaux R et $\frac{R}{\sin\alpha}$.

Si $2\alpha = 180°$, les deux jets sont directement opposés, et nous avons le cas si bien observé et décrit par Savart : l'intersection est un cercle de rayon R ; en tous les points de ce cercle, le choc des particules liquides engendre une élasticité de compression suffisante pour lancer le liquide latéralement et dans une série de plans parallèles et perpendiculaires à la droite contenant les axes des deux jets.

Insistons un instant sur le cas où $2\alpha = 90°$; alors les axes des deux jets se coupent à angle droit ; dans ces conditions, Magnus a constaté que le liquide n'est plus lancé dans l'angle AIA' (fig. 1) qu'à une distance IB, tandis que, dans les autres directions situées dans le plan normal à AIA' et projeté en BC, le liquide est lancé plus loin.

Pour une charge d'environ 1 mètre, la nappe est limitée par un bourrelet d'où se détachent de nombreuses gouttelettes ; de plus, elle est striée et tendue ; la rapide extension des portions liquides qui ont participé au choc provoque un écartement mutuel de toutes les molécules qui s'éloignent de la pointe I ; c'est là que naît dans tous les filets de la nappe une réaction due à l'élasticité de traction ; c'est cette réaction qui

non seulement produit le bourrelet terminal, mais encore agit constamment pour rapprocher les portions D et D' ; pour une charge suffisante, celles-ci se rencontrent en C, par exemple, point à partir duquel tout le liquide s'éparpille. Seulement, les forces intérieures tendent à diminuer l'étendue de la lame avec tant d'énergie qu'il se détache constamment de son bord de nombreuses gouttelettes.

Si l'angle 2α est inférieur à 90°, s'il est, par exemple, égal à 60°, la vitesse résultante dans le sens de la bis-

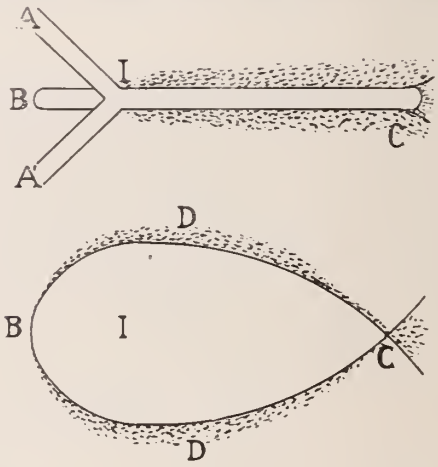


Fig. 1.

sectrice est trop considérable pour qu'il y ait encore une partie de la lame du côté d'où viennent les deux jets. A fortiori, la même chose a lieu pour toutes les valeurs inférieures à 60°. Alors la vitesse du liquide dans le sens de la bissectrice va en augmentant à mesure que l'angle des deux jets diminue ; voilà pourquoi il peut ainsi se former plusieurs lames successives et placées alternativement dans des plans perpendiculaires.

Pour réaliser aisément des nappes assez étendues où le liquide est à l'état de traction, il suffit de laisser tomber un fort jet d'eau sur une plaque en verre ou

en bois de 30 à 40 centimètres de largeur ; en inclinant la plaque et en choisissant convenablement le point où s'opère le choc, on voit se former des nappes de 15 à 20 centimètres de largeur, et dans lesquelles se montre très bien une forte tendance au rétrécissement graduel de la figure.

Se propose-t-on de réaliser des lames liquides épaisses et entièrement fermées, on laisse tomber, sous une pression de 6 à 8 mètres, un jet d'eau sur la

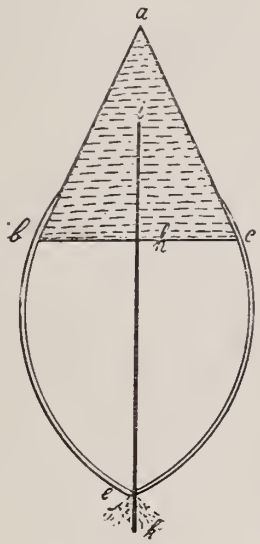


Fig. 2.

partie supérieure d'un entonnoir dont le bec est fermé en pointe *a*, dont l'angle est d'environ 60° et la hauteur *ah* de 7 centimètres (fig. 2). Une grosse tige métallique *ik* dont l'axe coïncide à peu près avec celui de l'entonnoir est fixée au moyen d'une masse de plâtre remplissant tout l'espace *abc* de ce dernier ; quant à la tige *ihk*, longue de 30 à 40 centimètres, elle est implantée dans un bloc en bois d'une épaisseur suffisante. Dans ces conditions, le liquide du jet se répand sur toute la surface latérale de l'entonnoir et

quitte le bord en engendrant une nappe qui ne tarde pas à se fermer en *e*, et s'éparpille vers le bas. En faisant varier la vitesse de l'eau, nous avons pu obtenir ainsi des lames fermées ayant de 4 à 20 centimètres de hauteur à partir du bord évasé de l'entonnoir.

En terminant le travail dont il s'agit ici, nous avons fait remarquer que pour éviter l'éparpillement ordinaire du liquide sortant d'un orifice sous une forte pression, il suffit d'employer un ajutage ayant à peu près le même diamètre que l'orifice, mais muni, à l'intérieur, de deux sections en fine toile métallique et placées à 3 ou 4 millimètres de distance. Par ce moyen, le liquide fortement comprimé par la grande charge qu'il supporte peut se détendre d'une manière très efficace par le double passage à travers les mailles de la toile métallique : aussi le jet est-il alors parfaitement cohérent et cylindrique. Nous obtenons ainsi une curieuse vérification des idées que nous avons énoncées depuis longtemps sur la nature des liquides.

Actuellement nous allons résumer et compléter notre cinquième communication sur les effets de l'élasticité des liquides, que nous avons lue dans la séance du 15 décembre 1908 (classe des sciences de l'Académie Royale de Belgique) : nous y décrivons quelques-unes des nombreuses expériences de M. A. Worthington.

Depuis plus de quatorze ans, l'excellent physicien anglais s'est occupé avec le plus grand succès de l'étude des phénomènes extrêmement curieux qu'il a observés après la chute d'une goutte liquide contre une plaque solide ou dans un autre liquide. En 1894, il avait donné sur ce sujet, à l'Institution Royale de Londres, une conférence à la fin de laquelle il montra, pour la première fois, les photographies de quelques-unes des phases du phénomène, photographies qu'il venait d'obtenir avec le concours de son collaborateur M. Cole.

Ce succès détermina les auteurs à faire de longs essais photographiques, qui ont fait l'objet de deux mémoires insérés dans les PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS de Londres (1). Mais les résultats de ces travaux n'avaient pas été présentés au grand public ; de plus, les illustrations reproduites par la Société royale avaient perdu en grande partie la beauté des photographies originales.

Pour ces motifs, M. Worthington a fait paraître récemment un superbe volume (2) orné de 197 illustrations fournies par la photographie instantanée. Nous ne pouvons résister au plaisir de traduire l'entrée en matière du savant physicien.

« Il y aura peu de mes lecteurs qui, pendant une forte averse, n'aient pas trompé l'ennui d'une attente forcée en regardant, peut-être inconsciemment, les mille petites fontaines cristallines qui s'élèvent au-dessus de la surface d'une mare ou d'une rivière ; en remarquant de temps à autre une couronne de jets plus petits ou bien çà et là une bulle qui flotte pendant quelques instants et puis disparaît.

» C'est sur ce fait si insignifiant en apparence, qui a toujours été et sera toujours si familier, ainsi que sur d'autres faits du même genre, que je désire appeler l'attention de ceux qui s'intéressent aux phénomènes naturels ; j'espère partager avec eux quelque peu du charme que j'ai éprouvé moi-même en contemplant les formes exquises qu'a révélées l'appareil photographique, et en poursuivant le progrès d'une multitude d'événements qui se passent tous en quelques millièmes de seconde, mais toutefois dans un ordre parfait et inévitable ; d'une part, leur succession peut être aisément prévue et comprise ; d'autre part, leur explication

(1) *Impact with a liquid surface*, by A. Worthington and Cole (1897, A, 193 et 1900, A, 255).

(2) *A Study of Splashes*. 1908, Longmans, Green and Cᵒ, London.

exige les ressources des plus hautes théories mathématiques. »

L'auteur fait remarquer qu'il ne pouvait pas songer à se servir des procédés en usage pour les vues d'un cinématographe : car les changements de forme à observer sont ici bien trop rapides ; aussi faut-il recourir à l'exposition excessivement courte d'un éclairage électrique convenable. C'est pour ce motif que les épreuves ont été prises à l'aide d'une étincelle électrique dont la durée était certainement moindre que trois millièmes de seconde, intervalle de temps qui est à la durée d'une seconde entière à peu près comme celle d'un jour est à mille ans.

L'auteur a profité de ce fait que, quelle que soit la suite d'événements succédant à un choc particulier, elle se répète dans le même ordre chaque fois qu'une goutte frappe la surface exactement dans les mêmes conditions : d'après cela, le problème à résoudre était le suivant :

Faire tomber d'une hauteur définie et dans une obscurité complète une goutte de dimensions connues, de telle manière qu'elle frappe la surface du liquide en un point vers lequel est dirigé un appareil photographique à lentille découverte : éclairer la goutte à l'instant précis du contact par une étincelle tellement courte qu'aucun changement de forme ne puisse avoir lieu pendant que la goutte est éclairée.

On obtient ainsi la photographie de la première phase. La plaque doit alors être enlevée et remplacée par une autre ; une deuxième goutte exactement de mêmes dimensions doit tomber rigoureusement de la même place et être photographiée de la même façon, mais l'étincelle doit jaillir pendant une phase venant un peu après la première, par exemple, un ou deux millièmes de seconde plus tard. Puis, nouvel enlèvement de la plaque, à laquelle on en substitue une

autre, destinée à recevoir l'image d'une troisième phase, et ainsi de suite.

Par ce procédé, on peut suivre le phénomène pas à pas, et l'on évite deux grosses difficultés, dont l'une est la nécessité de déplacer la plaque tous les cinq centièmes ou tous les millièmes de seconde, s'il fallait poursuivre les différentes phases d'une seule et même goutte : l'autre difficulté serait d'obtenir de brillantes étincelles d'une durée assez courte à des intervalles aussi minimes.

A la vérité, le procédé ci-dessus exige que les gouttes soient rendues libres exactement dans les mêmes conditions, et qu'une étincelle soit produite en deux ou trois millièmes de seconde, afin qu'on puisse saisir précisément la phase qu'on désire photographier. Pour réaliser la première condition, M. Worthington a eu l'heureuse idée d'employer un verre de montre couvert de noir de fumée : une goutte tombant sur le noir de fumée ne le mouille pas, elle roule sans y adhérer et conserve une forme sphéroïdale ; il suffit alors de la transporter sur le verre de montre enfumé servant à toutes les expériences. L'auteur a imaginé un moyen très ingénieux de faire descendre rapidement le verre de montre au-dessous de la goutte qui, devenue libre, tombe dans un réservoir d'eau placé en-dessous ; l'appareil photographique est dirigé vers les points où est frappée la surface du liquide.

Il est à remarquer que la goutte reposant sur le noir de fumée n'est pas parfaitement sphérique, mais aplatie par son propre poids : de là des oscillations de formes, suivant que la goutte est plus ou moins allongée dans le sens horizontal ou dans le sens vertical.

L'auteur n'a pas été moins habile pour faire éclater une étincelle électrique au moment convenable ; car comme la goutte tombe toujours de la même hauteur, il convient de faire briller l'étincelle à des moments

qui correspondent aux phases successives du phénomène.

Après cet exposé, nous pouvons passer à la description des faits les plus intéressants dont M. Worthington a facilité l'étude à l'aide de nombreuses photographies instantanées ; l'auteur nous a autorisé à reproduire à notre choix quelques-unes des figures répandues à profusion dans son bel ouvrage.

Première série d'expériences : goutte d'eau pesant 0,2 gr. et ayant $7^{mm}36$ de diamètre ; hauteur de chute 40 centimètres ; la goutte tombe dans un mélange d'eau et de lait, pour que l'image soit plus nette.

Quand la goutte descend dans le liquide (Planche I, fig. 1 et 2), la partie supérieure n'est pas altérée ; mais autour d'elle se soulève une petite coupe que l'auteur appelle cratère ; du bord de celui-ci se détachent des gouttelettes (fig. 3).

Pendant que la goutte descend plus bas, le cratère devient plus large, plus élevé, plus épais, et des filaments sont projetés loin du bord (fig. 4). Dans la partie interne du cratère, on aperçoit des taches noires dues au noir de fumée entraîné avec la goutte quand elle a quitté son support enfumé.

Le cratère monte ensuite très rapidement (fig. 5) ; ses parois deviennent dès lors plus épaisses, puis il descend et s'élargit encore (fig. 6), jusqu'à ce qu'il n'y ait qu'un anneau de lobes reposant sur la surface et entourant un creux central.

Alors commence la détente : on voit monter une colonne centrale (fig. 7) ; le noir de fumée est entraîné vers le milieu, et indique que le liquide de la goutte originale émerge sur la surface de la colonne montante ; celle-ci atteint bientôt sa plus grande hauteur (fig. 8), puis s'abaisse en dessinant un gâteau liquide qui entoure la base.

Lorsqu'on fait tomber une goutte de lait dans l'eau,

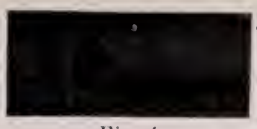


Fig. 1.

Fig. 2. — $t = 0$.

Fig. 3. — $t = 0{,}0018$ sec.

Fig. 4. — $t = 0{,}0055$.

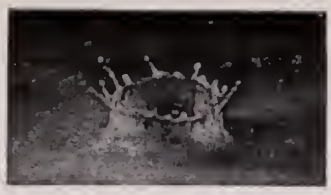


Fig. 5. — $t = 0{,}0072$.

Fig. 6. — $t = 0{,}0290$.

Fig. 7. — $t = 0{,}0644$.

Fig. 8. — $t = 0{,}1160$.

PLANCHE I.

on remarque que la partie supérieure de la colonne est visible, précisément parce qu'elle contient presque tout le lait de la goutte, tandis que la partie inférieure consiste surtout en eau transparente.

Avant de décrire d'autres phénomènes de la même nature, l'auteur rappelle deux principes relatifs à la constitution des liquides, savoir le principe de la tension superficielle et celui de Joseph Plateau sur la transformation d'un cylindre liquide en sphères isolées ; mais M. Worthington ajoute immédiatement les restrictions suivantes :

« Ces deux principes permettent d'expliquer beaucoup de faits relatifs au choc d'une goutte liquide contre un liquide ; mais il importe de savoir combien de points sont demeurés sans explication. Pourquoi, par exemple, le cratère monte-t-il si soudainement et verticalement autour de la goutte aussitôt après son entrée ? Pourquoi la goutte s'étale-t-elle et couvre-t-elle la surface intérieure du cratère, en se repliant le long de cette face et en se transformant pour ainsi dire en un parapluie retourné ? Pourquoi, quand le cratère s'affaisse, coule-t-il plutôt vers l'intérieur qu'en dehors, de manière à soulever une colonne centrale si remarquable ?

» Ces questions exigent le tracé du mouvement de chaque particule d'eau jusqu'à l'impulsion première produite par le choc de la goutte ; elles sont bien plus difficiles à résoudre et ne peuvent être traitées d'une manière satisfaisante qu'au moyen d'une analyse mathématique compliquée. »

Nous allons tâcher d'expliquer sans calcul les particularités qui ont paru si mystérieuses à l'excellent physicien anglais.

Puisque la goutte vient choquer l'eau avec une vitesse égale $\sqrt{2g \times 0^{m}40} = 2^{m}8$ environ, la partie inférieure sera subitement comprimée et, en un temps très court, par exemple en deux millièmes de seconde,

cette compression sera transmise aux parties voisines, non seulement vers le haut et vers le bas, mais encore latéralement. Or les parties latérales qui entourent la goutte ne pourront se détendre ni vers le bas, ni parallèlement à la surface choquée ; ces parties devront donc s'élever et dessiner une petite lame courbe dont la largeur dépasse à peine le diamètre de la goutte. Deux millièmes de seconde après, celle-ci sera descendue davantage, d'où résulte une compression plus forte qui se transmettra un peu plus loin, et le cratère deviendra à la fois plus large et plus haut, et ainsi de suite jusqu'à ce que la période du choc soit accomplie, c'est-à-dire en moins de deux centièmes de seconde (voir les fig. 4 et 5). Telle est, pensons-nous, la réponse la plus directe à la première question formulée par M. Worthington.

D'après ce qui précède, les portions du liquide ambiant ne sont soulevées qu'à la suite d'une compression soudaine qui leur imprime des vitesses telles que le cratère tout entier, tant à l'intérieur que près de la surface, est soumis à une élasticité de traction due à l'augmentation subite des distances intermoléculaires : de là, dans l'ensemble de la lame, une forte tendance à rétablir les distances primitives. Cette tendance se manifeste vers le bord de la lame qui se ramasse tellement vite sur lui-même qu'il s'en détache des gouttelettes et des filaments liquides. Le cratère est dans un état tout à fait analogue à celui d'une bulle de savon qui vient d'être percée : du bord de l'ouverture sont projetées, non pas des gouttelettes, mais des parcelles irrégulières, avec d'autant plus d'énergie que la lame est plus mince, comme je l'ai fait voir en 1897 (1).

Si le cratère soulevé en quelques millièmes de seconde ne se divise pas immédiatement après, c'est que le

(1) *Sur la théorie de l'explosion d'une bulle de savon très mince* (Ann. de la Société scientifique de Bruxelles, t. XXI, 1re p. 1897).

liquide dont il est formé est remplacé pendant six à sept millièmes de seconde. En effet, toutes les parties soulevées ayant été vivement étirées, tendent à reprendre leur constitution primitive en attirant à elles les portions voisines ; or ces dernières sont loin d'être constituées de la même manière, car la face extérieure du cratère est reliée à des tranches plus ou moins étirées par l'impulsion si vive imprimée au liquide soulevé ; au contraire, la face interne touche une bande de la goutte elle-même, c'est-à-dire un ensemble de particules comprimées par le choc ; voilà les particules qui se mouvront vers la face interne du cratère, non seulement pour diminuer leur propre compression, mais encore pour restreindre l'élasticité de traction des diverses parties du cratère ; grâce à ce mouvement, celui-ci peut se maintenir sans se diviser.

Il n'est donc pas étonnant que la face interne de la figure soulevée porte des taches noires provenant du noir de fumée entraîné avec la goutte après qu'elle a quitté la surface enfumée du verre de montre servant de support.

Si les raisonnements qui précèdent sont exacts, ils fournissent, selon nous, la solution complète de la deuxième question énoncée par l'auteur dans les termes pittoresques que voici : « Pourquoi la goutte s'étale-t-elle comme une doublure sur la face intérieure du cratère, en se repliant pour ainsi dire le long de cette face, et en se transformant en un parapluie retourné ? »

Abordons maintenant la solution de la troisième question posée par M. Worthington : Pourquoi, quand le cratère s'affaisse, coule-t-il plutôt vers l'intérieur qu'au dehors, de manière à soulever une colonne centrale si remarquable ?

Tout d'abord, nous croyons pouvoir affirmer que, par le choc de la goutte contre le mélange d'eau et de lait, les couches sous-jacentes ont été comprimées par

suite des impulsions consécutives qui n'ont cessé qu'au moment de la disparition de l'énergie de la goutte choquante. A la vérité, à la compression ainsi produite il faut ajouter l'impulsion due à la descente si rapide de tout le cratère. Il résulte de là qu'à l'instant où celui-ci a regagné le niveau général, nous devrons nous trouver en présence de deux masses liquides constituées bien différemment.

D'une part, celle qui rebondit dans le creux du milieu, en vertu de sa détente soudaine, et qui s'élève avec une vitesse suffisante pour que les distances intermoléculaires éprouvent de légères augmentations : c'est pourquoi, dans cette masse doit naître une certaine élasticité de traction. D'autre part, les particules du cratère brusquement aplati ont subi une compression notable : par conséquent, celles qui se trouvent le plus près de la surface de la colonne centrale seront attirées à leur tour par les couches latérales de cette colonne, et pourront ainsi, non seulement reprendre leur constitution normale, mais encore rétablir celle de la masse montante. Or les particules attirées sont précisément celles qui avaient recouvert la paroi interne du cratère soulevé.

Voilà, pourquoi, si nous ne nous trompons, les fragments de noir de fumée doivent se répandre maintenant autour de la colonne qui rebondit, surtout sur les parties supérieures où s'exerce la plus forte élasticité de traction.

Si nous avons réussi à donner une explication satisfaisante des principaux faits observés dans la première série des expériences de M. Worthington, c'est que nous n'avons pas raisonné sur les liquides comme s'ils étaient constitués toujours de même quel que soit leur état de compression ou de traction. Seulement, il ne suffit pas de nous rendre compte de quelques particularités constatées dans le cas où la goutte ne tombe que

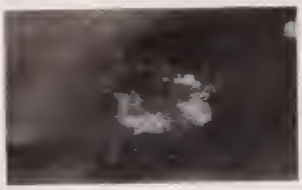


Fig. 9. — 0,002.

Fig. 10. — $t = 0{,}009$.

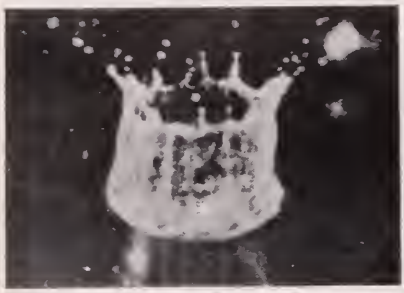


Fig. 11. — $t = 0{,}018$.

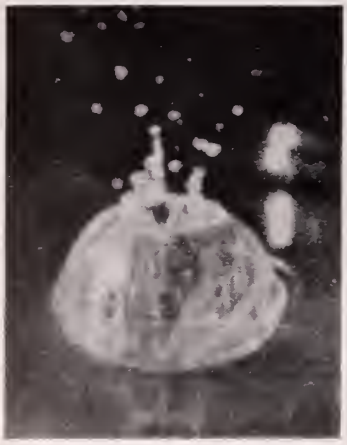


Fig. 12. — $t = 0{,}039$.

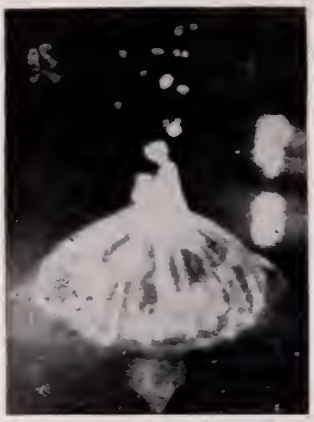


Fig. 13. — $t = 0{,}054$.

Fig. 14. — $t = 0{,}085$.

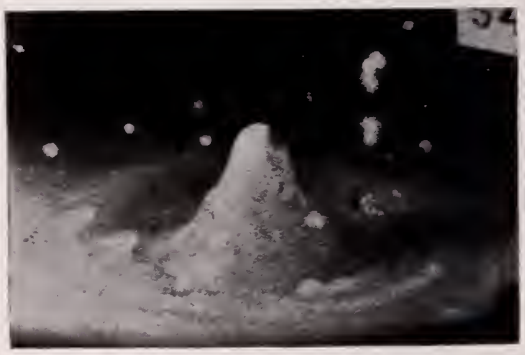


Fig. 15. — $t = 0{,}105$.

PLANCHE II.

d'une faible hauteur ; il faut, en outre, que la théorie que nous proposons se vérifie dans le cas où la hauteur de chute est notable, par exemple de 100 centimètres.

Comme on pouvait s'y attendre, le cratère s'élève alors plus haut, mais il ne tarde pas à se former à la partie supérieure, ainsi que le montrent les figures suivantes (Planche II) qui correspondent au cas d'une goutte de lait (diamètre $7^{mm}36$) tombant dans l'eau d'une hauteur de 100 centimètres.

La figure prise au temps 0,002 sec. permet de voir le liquide de la goutte sur les portions verticales du cratère.

Au temps 0,009, la partie inférieure s'est élargie.

La transformation commence à se dessiner au temps 0,018 ; l'élargissement vers le bas est devenu plus appréciable.

Au temps 0,039, l'élargissement de la base est encore plus prononcé, ainsi que la tendance de l'ouverture à se fermer.

Presque aussitôt après ($t = 0,054$), l'ouverture se ferme, la bulle se montre fort aplatie, et laisse passer du liquide par la partie supérieure.

Dès lors ($t = 0,085$) la bulle ouverte s'aplatit de plus en plus, et laisse voir la colonne montante.

Enfin ($t = 0,105$) la bulle a disparu, la colonne centrale apparaît seule et le lait occupe la partie supérieure.

Tels sont les résultats de l'observation ; essayons maintenant de les expliquer. Et tout d'abord, il n'y a rien d'étonnant à voir des traces de lait sur les portions verticales du cratère naissant ; pour en bien comprendre la raison, nous n'avons qu'à nous rappeler ce que nous avons dit plus haut à propos des particules de noir de fumée sur la face interne du cratère soulevé. Dès que la goutte s'enfonce davantage, une compression plus forte se communique latéralement et la base de la figure s'élargit. Mais pour quelle raison celle-ci

se rétrécit-elle vers le haut ? Avant de présenter notre explication, nous allons reproduire celle de M. Worthington.

« Si le cratère était une simple lame liquide mince et cylindrique, elle se contracterait sous l'influence de la tension superficielle, absolument comme le fait une bulle de savon, mais pas aussi vite parce que les parois n'ont qu'une courbure horizontale. Si la lame est plus mince en haut qu'en bas, la partie supérieure se contractera plus vite que l'inférieure, parce que là il y a moins de liquide à faire mouvoir. Or l'eau qui alimente la lame vient d'en bas ; elle doit donc épaissir d'abord les portions inférieures, et par suite rendre raison de la fermeture plus rapide de la bouche. D'autre part, le bord extrême du cratère est l'endroit où se fait sentir en premier lieu la résistance opposée à l'afflux du liquide ; c'est ce qui produit l'épaississement de ce bord, et la formation d'un anneau plus ou moins régulier autour de la lame. Or le calcul montre que cet anneau se contractera plus vite que la paroi, aussi longtemps que l'épaisseur de l'anneau ne dépasse pas 1,61 fois celle de la paroi inférieure ; de là une tendance du cratère à se fermer, à peu près comme un sac se fermerait par la contraction d'une corde élastique autour de l'ouverture. »

Au lieu d'insister sur ces considérations assez compliquées, nous nous contenterons d'invoquer, d'une part, les forces contractiles que la brusque poussée due au choc de la goutte développe dans toutes les portions constituant le cratère ; d'autre part, l'élargissement graduel de sa base à mesure qu'il s'élève. C'est grâce à l'élasticité de traction engendrée dans le cratère que le bord de celui-ci se comprime tellement vite qu'il s'en détache des filaments. Quant à l'élargissement rapide de la base, il a pour effet de permettre à la partie supérieure de se rapprocher de l'axe de la figure, toujours

alimentée par du liquide venant surtout de l'intérieur du creux central. Ce qui démontre bien l'élasticité de traction produite dans toute la masse de la lame, c'est que même avant qu'elle soit fermée, elle s'abaisse avec tant d'énergie qu'elle laisse au-dessus d'elle quelques portions liquides amenées sur la face interne.

Il a suffi de cinq centièmes de seconde pour fermer complètement la bulle ; mais alors les forces contractiles intérieures abaissent la lame avec tant de précipitation que des filaments irréguliers sont lancés au dehors ; car l'air enfermé dans la bulle se comprime sous la double action des pressions, toutes dirigées vers l'intérieur, et de l'ascension de la colonne montante ; aussi la bulle s'ouvre-t-elle de nouveau et ne tarde pas à laisser voir le sommet de la colonne centrale.

Les considérations qui précèdent et qui sont fondées toutes sur l'élasticité de traction et de compression des liquides, montrent suffisamment, à notre avis, que la théorie proposée pour rendre compte des particularités de la première série d'expériences, se prête sans difficulté à faire comprendre les faits parfois bien singuliers que M. Worthington a observés dans la deuxième série pour une hauteur de chute de 100 centimètres.

Nous pourrions rappeler encore bien d'autres faits décrits avec un soin minutieux dans l'ouvrage du savant physicien anglais ; mais nous préférons faire éventuellement de leur examen le sujet d'une communication ultérieure.

G. Van der Mensbrugghe.

A PROPOS DU SENTIMENT DE PRÉSENCE

CHEZ LES PROFANES ET CHEZ LES MYSTIQUES (1)

DEUXIÈME PARTIE

I

Pour un observateur superficiel, l'état mystique est un protée aux formes multiples et variables, à peine reliées entre elles par je ne sais quel ton indécis de religiosité pathologique. Encore, parmi les manifestations de cet état, la vue un peu courte de pamphlétaires, de médecins grossement psychologues ou de dévots moins éclairés, n'a-t-elle su discerner trop souvent que les phénomènes somatiques, les bizarreries pieuses et le gros merveilleux. Grâce à Dieu, l'accord semble fait, aujourd'hui, entre les chercheurs sérieux, pour distinguer soigneusement, au sein du mysticisme l'essentiel de l'accessoire. Et dans le tracé même — si délicat — de cette frontière, les auteurs de tendances les plus diverses viennent à se rencontrer à peu près.

Le P. Poulain — en un livre très documenté, mais qui n'a point pour but la critique psychologique du mysticisme — dit des « états mystiques » que « leur vraie différence avec les recueillements de l'oraison ordi-

(1) Voir Revue des Quest. scientif., 3e série, t. XIV, octobre 1908, pp. 527-563 et t. XV, janvier 1909, pp. 219-249.

naire, c'est que, dans l'état mystique, Dieu ne se contente plus de nous aider à penser à lui et à nous souvenir de sa présence, mais qu'il nous donne *de cette présence une connaissance intellectuelle expérimentale* (1). » Voilà bien le phénomène mystique fondamental : le sentiment direct de la présence de Dieu, l'*intuition de Dieu présent*. Le reste : extase physique, suspension des sens, visions sensibles ou imaginaires, paroles intérieures, lévitations, prodiges, claire-vue, etc... sont de purs accessoires, qui peuvent ou non accompagner l'état fondamental et dont la cause immédiate peut être diverse.

Même départ judicieux chez M. Boutroux : « Le phénomène essentiel du mysticisme est ce qu'on appelle l'extase, un état dans lequel, toute communication étant rompue avec le monde extérieur (2), l'âme a le *sentiment qu'elle communique avec un objet interne qui est l'être infini, Dieu* (3). »

Tel est aussi le point de vue de W. James. Ces phénomènes, écrit-il — visions, automatisme verbal et grapho-moteur, lévitation, stigmatisation, guérisons, etc... — « ces phénomènes, que les mystiques ont souvent présentés (ou qu'on leur attribue) n'ont pas essentiellement de signification mystique, car ils peuvent naître sans la conscience d'une illumination quelconque, chez des personnes de tempérament peu mystique. La *conscience d'une illumination* est pour nous *la marque essentielle* des états mystiques (4). »

Il serait facile de multiplier ces citations, facile

(1) A. Poulain. *Des grâces d'oraison. Traité de théologie mystique.* 5e édit. Paris 1906, p. 66.

(2) Nous ne voudrions pas identifier l'état mystique à l'extase définie en un sens aussi restreint. Plusieurs mystiques prétendent réaliser la communication mystique sans rompre la communication avec le dehors.

(3) E. Boutroux. *La psychologie du mysticisme.* Paris 1902, p. 6.

(4) W. James. *The varieties of religious experience.* London 1904, p. 408. Note 2.

encore, plus instructif, mais, ici, trop long d'en appeler au témoignage concordant des mystiques eux-mêmes. Nous sommes donc fondé, dans l'esquisse rapide que nous allons faire de quelques états mystiques, à prendre comme centre de perspective le point culminant de ces états, c'est-à-dire *le sentiment de la présence immédiate d'un être transcendant.*

II

Entre ce point culminant — spécifiquement mystique — et la connaissance ordinaire, s'intercale une gamme d'états intermédiaires fort semblables à plusieurs des phénomènes psychologiques déjà signalés dans ces pages.

1. Ce sont d'abord les visions sensibles, corporelles, dont le mécanisme psychologique rentre nécessairement dans les cadres soit de la sensation soit de l'hallucination. La controverse ne saurait porter que sur la nature du déterminant objectif de ces visions : car quelle que soit leur cause, l'action — médiate ou immédiate — de cette cause n'atteint le sujet sensible que par modification de ses organes périphériques ou par modification des organes centraux qui président à la sensibilité. S. Thomas admettait déjà que les visions sensibles pouvaient résulter soit de la présence véritable de l'objet correspondant, soit de l'altération directe des facultés sensibles sans présence de l'objet (1). Au point de vue psychologique, impossible de demander plus de latitude.

Ces visions ont leur pendant, en pathologie mentale, dans les hallucinations purement morbides. Elles rap-

(1) *Summa theol.* III, q. 76, a. VIII.

pellent plus encore peut-être certaines de ces hallucinations télépathiques relatées dans le recueil bien connu de Gurney, Myers et Podmore, *Phantasms of the Living*, car celles-ci ne semblent pas surgir aussi arbitrairement que les hallucinations des malades. Mais nous n'insistons pas sur cette première catégorie de faits, car le sentiment de présence qui les accompagne n'a rien de plus mystérieux dans les visions sensibles mystiques que dans les hallucinations profanes ou les sensations.

2. Volontiers nous dirions la même chose des visions imaginaires au cours desquelles le mystique contemple l'image nettement spatialisée d'un objet, d'une personne, d'une scène naturelle ou symbolique, mais sans croire à la réalité actuelle des objets représentés. Beaucoup de pieuses personnes furent favorisées de la vue panoramique très vivante d'épisodes de la Passion (1), ou bien perçurent, dans une imagerie symbolique, certains mystères, comme la Ste Trinité, la béatitude du Ciel, etc. Parfois, il se fait une sorte d'oscillation de la vision imaginaire à la vision sensible. « En certaines circonstances, écrit Ste Thérèse, ce que je voyais ne me semblait être qu'une image ; mais en beaucoup d'autres il m'était évident que c'était Jésus-Christ lui-même. Cela dépendait du degré de clarté dans lequel il daignait se montrer à moi. Quelquefois quand cette clarté était moins vive, il me semblait que ce que je voyais n'était qu'une image, mais une image très différente des portraits les plus achevés. En effet, si ce que je voyais était une image, c'était une image vivante et non pas morte (2). » Nous prions qu'on veuille se reporter au

(1) Ces visions manquent de concordance entre elles et portent la marque de la psychologie personnelle du mystique qui les subit. Elles sont des stimulants de la piété, mais nullement des leçons d'histoire. Cf. Poulain S. J. *op. cit.*, p. 323.

(2) *Œuvres de Ste Thérèse*. Trad. Bouix, Paris 1852, T. I. *Vie*, ch. 28, p. 374.

cas de ce peintre anglais, que nous avons relaté d'après Taine (t. XIV de cette Revue, p. 541) : la pseudo-hallucination y alterne avec l'hallucination franche, absolument comme la vision sensible et directe alterne ici, chez Ste Thérèse, avec la vision imaginaire (1). Le « Census of hallucinations (2) » et les « Phantasms of the Living » pourraient encore nous fournir bien des exemples de pseudo-hallucinations très analogues aux visions imaginaires des mystiques. Mais il serait inutile de nous attarder à cette comparaison, car — quelle que soit leur cause — le mécanisme psychologique de ces visions imaginaires n'offre rien qui les distingue foncièrement des pseudo-hallucinations avec ou sans spatialisation précise de l'image.

3. D'ailleurs, les visions imaginaires et les pseudo-hallucinations sont moins des cas de « présence » que des cas d'extériorisation et de localisation d'une représentation interne, ou, si l'on veut, des cas de *présence irréelle*. Leur intérêt, à notre point de vue, réside surtout dans une particularité qu'ils mettent en lumière, savoir *qu'une localisation spatiale très précise peut accompagner les représentations les plus maigres ou les plus imprécises du monde*. On s'en convaincra en parcourant les deux ou trois exemples suivants.

Voici d'abord un cas d'hallucination télépathique, dont le mécanisme hallucinatoire nous importe seul. « Le 22 octobre au soir, j'allai me coucher comme d'habitude dans la petite tourelle du château de Carqueiranne... Il était environ onze heures... Au bout d'un

(1) En soulignant cette analogie de « mécanisme », nous n'avons aucunement l'arrière-pensée d'*assimiler* les deux cas au point de vue même de leur seul contenu psychologique. Nous venons de relire ce chapitre XXVIII de l'Autobiographie de Ste Thérèse, et nous devons avouer que la vision qu'elle y relate dépasse infiniment en richesse tous les cas analogues que nous avons rencontrés dans l'ordre profane. Et encore, sommes-nous réduits à en juger sur quelques mots de description.

(2) Proceed. Soc. psych. Res. Vol. X.

certain temps que je ne puis préciser, je me suis sentie éveillée par quelque chose qui était près de moi, comme penché sur moi. Alors, j'ai pensé d'abord que quelqu'un venait me faire peur; j'ai dit plusieurs fois : Qui est là ? qui est là ? — Mais pas de réponse, et pas de mouvement. C'était, à ce qu'il me semble, une figure absolument noire ; mais sans que je puisse rien affirmer, quant à la forme, sinon que c'était une figure me regardant. Alors je commençai à avoir peur, et m'asseyant sur mon lit, j'ai repoussé avec mon bras droit cette figure qui semblait penchée sur moi. Mais je n'ai rien senti et la forme m'a semblé disparaître... Je suis sûre que j'étais alors éveillée (1). » Cette hallucination coïncidait avec un décès : n'était cette particularité, on pourrait dire que des faits de ce genre sont presque banals. Ils montrent l'association d'un sentiment de présence intense et net avec une image aux traits extrêmement confus ; dans la relation qui vient d'être citée, on remarquera de plus que le « regard » fixé par l'apparition sur la personne hallucinée, ne correspond point, semble-t-il, à un détail hallucinatoire visuel, mais à l'interprétation d'un état émotionnel de cette personne.

W. James, en 1902, se déclarait embarrassé d'expliquer le cas suivant au moyen des seules lois énoncées dans ses *Principles of Psychology*. Un Mr P., absolument aveugle depuis l'âge de deux ans, a souvent éprouvé, tandis qu'il était assis à son piano, l'impression qu'un personnage, qu'il reconnaissait être un ami défunt, pénétrait dans la place en se glissant par dessous la porte, se traînait vers le sofa et s'y étendait. Une parole ou un mouvement de Mr P. faisait se dissiper l'apparition ; il attribuait d'ailleurs tout le phénomène à son état de fatigue nerveuse joint à l'action du thé un peu fort qu'il avait coutume de prendre. Mais une circonstance

(1) ANN. DES SC. PSYCH., 1891, n° 1, Documents originaux, p. 39.

curieuse qui frappa Mr P., c'est que lui, que sa cécité complète réduisait à l'usage des seules images tactiles, auditives et olfacto-gustatives, se rendait compte très exactement de la présence et de la forme du personnage fantômal, sans aucune participation appréciable de ces menues impressions du tact et de l'ouïe qui suffisent souvent à avertir un aveugle de la présence d'un objet. « L'examen détaillé de Mr P., ajoute W. James, ne me permit de découvrir aucune trace d'imagination visuelle impliquée dans le phénomène. Il semble y avoir plutôt ici quelque chose comme une *conception* mentale d'une grande intensité d'expression, une *conception* à laquelle le sentiment de *réalité présente* se serait associé (1). » Ce cas, si nous en comprenons bien les éléments, est un exemple d'*hallucination plus exclusivement spatiale* que les précédents. Les éléments sensoriels, qui constituaient le dessin phénoménal de l'idée de l'ami défunt, ne se sont éveillés qu'à l'état de vagues images, tout juste assez pour fournir matière au concept, mais sans prendre isolément le caractère hallucinatoire qui les aurait fait rapporter à leurs sensoria respectifs. Ce qui semble, par contre, avoir été hallucinatoirement objectivé, c'est l'*image spatiale résiduelle* de l'ami défunt, image ayant résulté jadis de l'association de sensations tactiles et auditives, mais déjà suffisamment individualisée et détachée de ses origines pour ne pas se résoudre immédiatement en ses composantes sensorielles. Il y eut donc, comme opine James, association d'une *idée* avec le sentiment d'une présence spatiale; mais, selon nous, cette association n'est autre chose que *la projection hallucinatoire*, dans l'espace ambiant, *de l'image spatiale* assez vague qui sous-tendait cette *idée*.

Pour contester la possibilité de cette explication, il

(1) W. James, *Principles of Psych.*, II, p. 324.

faudrait nier qu'une image synthétique, généralisée ou simplement vague, ne puisse être hallucinatoirement projetée, *comme telle ;* il faudrait exiger qu'elle fût toujours préalablement réduite en une juxtaposition, formellement aperçue, d'éléments sensoriels précis. L'expérience ne semble pas appuyer pareille prétention. Voici un phénomène que nous avons souvent expérimenté : nous l'appellerions volontiers une « hallucination potentielle ». Dans l'obscurité, alors que nous étions parfaitement éveillé, nous avions l'impression que là, dans une direction déterminée, un objet assez flou et encore indiscernable prenait corps, puis se rapprochait avec une précision croissante en se rapetissant, tels des rayons qui convergeraient vers leur foyer, telle encore, sous le microscope, une image dont la mise au point de plus en plus parfaite affermit et amincit graduellement les traits. En général, l'objet n'arrivait pas à prendre un contour net : l'illusion s'évanouissait avant le terme du mouvement. Or, dès le début, la *localisation* de ce très vague objet était précise ; bientôt même nous avions l'impression de délimiter assez bien la plage spatiale qu'il couvrait, tandis que son contenu commençait à peine à se différencier. Dans l'hallucination ou la pseudo-hallucination, les images spatiales de localisation, de direction, d'étendue semblent donc dissociables, non pas de tout contenu matériel quelconque, mais de tout contenu matériel qui serait *distinct* en ce sens, qu'il eût été passé préalablement au tri des cinq sens (1). Car nous ne songeons pas à nier que l'image *purement* spatiale, l'imagination strictement géométrique — forme sans matière — ne saurait être un objet de notre sensibilité ; mais nous voulons dire, et cela nous suffit, que l'image spatiale peut intervenir, dans

(1) On pourrait appuyer cette conclusion par l'examen attentif des phases successives d'une hallucination en développement.

certaines opérations psychologiques, comme *un tout sui generis*, sans se réduire immédiatement en ses diverses composantes sensorielles.

Cette *indépendance relative* de l'image spatiale apparaît mieux encore, peut-être, dans le phénomène pseudo-hallucinatoire le plus « épuré », le plus « vidé de matière » que nous connaissions — et qui semble devoir être assez fréquent. En pleine obscurité, on sent brusquement, là, à côté de soi, à un endroit bien déterminé, la présence de « quelque chose ». De quoi? on serait fort embarrassé de le dire; on éprouve plutôt comme une « puissance » d'hallucination, qui se localise avant de se développer en acte. Il semblerait donc que l'*idée* ou le *concept* pût, à tous ses degrés d'abstraction, être associé à une localisation spatiale. Cette association peut demeurer purement imaginaire et fictive; elle peut, en captant davantage l'attention et en canalisant le sentiment, devenir pseudo-hallucinatoire; elle peut enfin se hausser, par suppression ou effacement de tous les antagonismes, jusqu'à la tyrannie de l'hallucination franche. Nous avons vu dans la première partie de cet article quelles lois fondamentales président à la succession de ces étapes.

Le cas que nous venons de décrire d'après nos observations personnelles nous paraît identique à plusieurs de ceux que relatent Gurney et ses collaborateurs dans leur livre *Phantasms of the Living*. En voici un spécimen : « Assez tôt dans la nuit, je fus éveillé... j'avais l'impression d'avoir été éveillé intentionnellement, et je crus d'abord que quelqu'un s'était introduit dans la maison... Je me retournai ensuite de côté pour me rendormir, mais alors, immédiatement, j'eus la conscience d'une « présence » dans la place, et, chose singulière, ce n'était pas la conscience d'une personne

vivante mais d'une présence spirituelle.. etc.. » (1). Voici encore une observation communiquée par Flournoy à W. James. Il s'agit d'une dame qui pratique l' « écriture automatique » : « j'éprouve alors immanquablement — dit-elle — l'impression d'une présence étrangère, extérieure à mon propre corps. C'est quelque chose de si nettement caractérisé que j'en puis marquer la position exacte. Cette impression de présence est impossible à décrire. Elle varie en intensité et en clarté d'après le personnage dont l'écriture déclare l'arrivée. Quand c'est quelqu'un que j'aime, je le sens immédiatement, avant toute écriture. Mon cœur semble le reconnaître (2). »

« Des cas de ce genre, poursuit W. James.... semblent prouver suffisamment l'existence, dans notre mécanisme mental, d'un *sens de la réalité présente*, plus diffus et plus général que celui qui résulte de nos sensibilités spéciales (3). » Et ce « sens » se manifesterait encore, sous un aspect négatif, dans le sentiment d'irréalité qui affecte certaines personnes malgré l'exercice correct de leurs sens externes.

Nous avouons que tous les exemples de « présence matérielle sans image » qu'on apporte à l'appui de cette assertion — et dont nous avons signalé les principaux groupes — nous paraissent susceptibles d'une explication plus bourgeoise. Il y suffit des trois lois suivantes, dont nos analyses antérieures fournissent la justification :

1° Toute hallucination comprend, entre autres, ces deux éléments : premièrement, l'enchâssement d'une représentation dans l'espace ambiant ; deuxièmement, la prise au sérieux de cette localisation, ou si l'on veut

(1) E. Gurney, etc. *Phantasms*... I. 384, Quoted by W. James. *Varieties*, p. 62.

(2) W. James, *Varieties*... p. 62.

(3) *Op. cit.*, p. 63.

l'absence de raison qui la fasse mettre en doute. Le premier élément suffit à constituer la pseudo-hallucination : le second doit s'y adjoindre nécessairement pour que l'hallucination soit complète.

2° L'enchâssement de la représentation susdite dans l'espace ambiant s'opère par association non contredite de cette représentation avec une « image spatiale » hallucinatoire.

3° La représentation associée à l'image spatiale hallucinatoire peut être soit une *image* à tous les degrés de clarté, soit une *idée* à tous les degrés d'abstraction.

L'expression « présence sans images », prise en toute rigueur de termes, est inexacte. En effet, *toute présence* suppose au moins le minimum d'images indispensables à la constitution et de la représentation spatiale et de l'idée spatialisée elle-même, si abstraite qu'on la suppose. De plus, la présence spatiale, la localisation d'un objet, implique elle-même un rapport de situation de l'image de cet objet à l'image quelconque que le sujet a de lui-même : la perception de la présence d'un objet suppose toujours une perception simultanée du « moi » empirique et spatialisé. Jusqu'ici, donc, les phénomènes de présence que nous avons analysés s'accompagnent nécessairement *d'une certaine conscience du « moi »* empirique : mais remarquons que cet accompagnement nécessaire tient à une particularité de l'intuition *spatiale* et que sa nécessité ne saurait être étendue de ce seul chef à l'intuition comme telle.

La littérature mystique, qui nous a montré tantôt des exemples de visions imaginaires, analogues aux pseudo-hallucinations, offre aussi, en assez grand nombre, des cas de « présence sans images ». Nous n'en citerons que deux ou trois en illustration de nos dires.

Après la mort du P. Balthazar Alvarez, une pieuse personne, doña Anne Enriquez le « sentit » plusieurs fois *à ses côtés*. Une nuit, par exemple, « voilà que tout à

coup, sans y penser, je me trouvai avec lui. Je ne le voyais pas des yeux corporels, mais je le sentais *près* de moi, à ma droite, me faisant une compagnie qui me consolait beaucoup (1). » Le P. Balthazar Alvarez lui-même relate dans son journal une apparition du même genre : « Étant ensuite entré en oraison, je sentis que Notre Seigneur était *là* présent, de telle sorte que je ne le voyais ni des yeux du corps ni par l'imagination ; néanmoins je le sentais et je le possédais avec plus de certitude et d'évidence que tout ce qui peut être vu ou imaginé (2). » Le Vble P. Louis Du Pont, le biographe du P. B. Alvarez, rapporte ses expériences personnelles en ces termes : « J'ai expérimenté dans l'oraison et en d'autres temps diverses manières de la présence de Dieu. Quelquefois il semble que nous voyons Dieu présent, non pas avec les yeux du corps ni dans un jour bien clair, ni seulement par discours, mais d'une façon particulière, où tout à coup l'âme *sent qu'elle a devant soi* celui auquel elle parle, qu'elle écoute et qui l'entend... Cette connaissance est semblable à celle qu'un homme a d'un autre, lorsque, s'entretenant avec lui, la lumière vient à s'éteindre et qu'il demeure dans l'obscurité sans le voir, ni l'ouïr, ni sentir aucun de ses mouvements, et néanmoins il le sait présent et lui parle comme étant avec lui (3). » Les faits de ce genre sont nombreux, et la grande mystique Ste Thérèse n'a pas manqué d'en présenter aussi. M. H. Delacroix les a analysés dans l'appendice I de son livre récent (4). Pour ne pas prolonger outre mesure notre énumération, nous la clorons ici en citant la description qu'un auteur mystique, le P. Alvarez de Paz, fait de ces

(1) Vble Louis Du Pont. *Vie du P. Balthazar Alvarez S. J.*, Paris 1873. (Trad. Bouix), p. 601.
(2) Ap. Du Pont, *op. cit.*, p. 164.
(3) Ve P. Du Pont. *Mémoires* (d'après Poulain, *op. cit.*, p. 99).
(4) *Études d'histoire et de psychologie du mysticisme*, pp. 427 et suiv.

« visions intellectuelles » comme il les appelle : « On n'aperçoit rien de figuré pour le visage ou le corps, et l'on sait pourtant avec plus de certitude qu'avec les yeux que la personne (Jésus-Christ ou la Ste Vierge) est placée à votre droite ou dans votre cœur... C'est comme si, dans l'obscurité, vous sentiez soudain que quelqu'un est à vos côtés, sachant qu'il a pour vous de la bienveillance et non de l'inimitié : mais vous ignorez absolument si c'est un homme ou une femme, s'il est jeune ou vieux, s'il est plus ou moins beau, s'il est debout ou assis (1). »

On serait tenté de rapprocher ce genre de faits de certaines relations d'états mystiques supérieurs, dépeints comme un investissement, un enveloppement, une imbibition par la Divinité. Mais il faut éviter de prendre trop à la lettre ces expressions, qui ne sont souvent qu'une transposition *métaphorique* d'expériences d'un tout autre ordre (2). Cependant il est possible que l'on exprime parfois de la sorte une imagination spatiale de la présence divine : le cas alors appartiendrait réellement à la catégorie que nous venons d'examiner.

Nous n'avons aucune envie de bouleverser les étiquettes reçues : qu'on nous permette cependant de faire observer que les visions dites « intellectuelles » ne sont pas strictement telles et demeurent imprégnées d'imagination spatiale. A les considérer par l'extérieur, par

(1) *De Inquisitione pacis*, l. v, pars III, c. 12. (Poulain, *op. cit.*, p. 314).

(2) Ce serait le moment, si nous ne devions nous borner, de tenter une critique psychologique de la théorie des « sens spirituels » (voir Poulain, *op. cit.*, ch. VI). Descendus du sommet de l'extase, les mystiques, emprisonnés par l'étroitesse du langage ordinaire, se trouvent réduits, dès qu'ils veulent préciser leurs expériences transcendantes, à user d'expressions analogiques empruntées à la psychologie courante : ils mettent eux-mêmes en garde contre une interprétation littérale, matérielle, de ces formules symboliques. Celles-ci, d'ailleurs, tout inadéquates qu'elles soient, ne sont point arbitraires : il serait intéressant d'étudier de plus près les raisons qui en déterminèrent le choix.

leurs seules caractéristiques expérimentales, on pourrait indifféremment les attribuer soit à une action préternaturelle, soit au simple jeu du mécanisme hallucinatoire sommairement indiqué ci-dessus. Car elles ne présentent aucun élément spécifiquement mystique, aucun élément transcendant, *de soi*, la psychologie ordinaire. Pour leur attribuer une valeur religieuse, force est bien, par conséquent, de chercher des indications en dehors du domaine psychologique. D'ailleurs le rôle de la psychologie expérimentale est de dégager les lois d'enchaînement des phénomènes mentaux, mais non pas de découvrir les causes ontologiques de ceux-ci.

III

1. Sans doute, la psychologie — à condition de réserver la question des causes métaphysiques — peut revendiquer une certaine compétence dans l'examen des états ou des phénomènes mystiques inférieurs, dont nous avons traité jusqu'ici. En effet, ceux-ci, pour autant qu'on les peut connaître, semblent de même nature que les manifestations psychologiques normales et ne se dérobent pas nécessairement au déterminisme expérimental. Mais la question de compétence devient plus délicate dès qu'on aborde l'état mystique supérieur et essentiel : car ici, ce n'est plus seulement la nature des agents métaphysiques, latents sous les phénomènes, c'est *le fait mystique lui-même*, qui pourrait bien échapper aux prises de la science psychologique. Celle-ci fonde ses lois sur la généralisation de données empiriques communément observables : mais si l'état mystique essentiel comprenait des éléments hétérogènes à ces données communes, de quel droit et dans quelle mesure lui appliquer encore les lois ordinaires ? A vrai

dire, *il ne rentrerait plus adéquatement dans l'objet de la psychologie.*

Il convient donc, avant de se prononcer, d'étudier de très près les données de ce nouveau problème. Un livre n'y suffirait pas : nous ne pouvons prétendre, dans le peu de pages dont nous disposons ici, qu'exposer quelques réflexions qui se tiendront strictement dans l'alignement général de cet article.

2. L'état mystique supérieur se présente comme une *intuition du divin*, ou du moins du *transcendant*. Très caractérisé chez les mystiques chrétiens, cet état trouve son analogue, sinon son correspondant exact, en dehors du christianisme et même en dehors de toute foi religieuse. Quelques exemples seulement.

a) Rappelons, d'un mot, la *mystique néo-platonicienne*, ce type achevé de la mystique philosophique. L'*Un*, supérieur à l'être et à la pensée, ne se laisse point étreindre par les formes de notre intelligence : il ne se donne à l'âme que dans la présence immédiate ; toute multiplicité le dérobe et l'âme l'a déjà perdu lorsqu'elle se replie sur elle-même pour prendre conscience de son intuition (1). A cette intuition, obscure

(1) Voici une brève esquisse de la mystique de PLOTIN. Dieu, l'*Un*, le *Bien* est au-dessus de l'*Être*, car l'Être suppose encore l'Essence ; il est au-dessus de l'*Intelligence*, car elle implique la dualité de l'Intelligent et de l'Intelligible (*Ennéades* III, 8. 8 ; V, 5. 6 ; VI, 9. 1, 2. etc.). Dieu est donc, en soi, inaccessible à notre intelligence : nous le connaissons comme quelque chose qui nous meut et qui déborde tout le connaissable ; nous le connaissons à la façon des inspirés (ὥσπερ οἱ ἐνθουσιῶντες), qui s'aperçoivent qu'ils portent en eux quelque chose de « plus grand » (ὅτι ἔχουσι μεῖζον ἐν ἑαυτοῖς. *Enn.* V, 3. 14. Édit. Didot. Paris 1896, p. 323), sans pourtant pouvoir définir ce quelque chose.

Comment se fait l'ascension de l'âme vers l'*Un* ? Un premier degré à atteindre est la contemplation de la *Beauté intelligible*, de l'Intelligible pur, et la voie nécessaire est la purification graduelle (κάθαρσις) ou le renoncement aux beautés inférieures. L'âme ne verra cette Beauté intelligible qu'en se conformant à elle, de même que l'œil ne voit le soleil que s'il en a pris la forme lumineuse (Οὐ γὰρ ἂν πώποτε εἶδεν ὀφθαλμὸς ἥλιον, ἡλιοειδὴς μὴ γεγενημένος· οὐδὲ τὸ καλὸν ἂν ἴδοι ψυχὴ μὴ καλὴ γενομένη. *Enn.* I, 6. 9. Didot, p. 37). Ainsi l'âme purifiée, ἡ ψυχὴ καθαρθεῖσα, retrouve *en elle-*

et lumineuse à la fois, l'âme peut s'élever par une discipline rigoureusement philosophique et morale.

b) Même ascension naturelle jusqu'à l'extase dans le *Yogisme hindou*. Le but général de la religion hindoue est, au dire de ses sectateurs, l'émancipation de l'esprit par le détachement des affections, séductions et distractions du corps et de l'ambiance terrestre. Cette émancipation procure une conscience croissante de l'identité de l'âme individuelle avec l'*Atman*, l'Esprit universel (1). Hâter la libération de l'esprit et sa ré-

même la forme de la Beauté intelligible, dont la splendeur la compénètre toute : elle contemple en devenant ce qu'elle contemple (Οὐ θεαταῖς μόνον ὑπάρχει γενέσθαι... ἀλλ' ἔχει τό ὀξέως ὁρῶν ἐν αὑτῷ τὸ ὁρώμενον. *Enn.* V, 8. 10. Didot, p. 358 ; cf. *Enn.* V, 8. 10 et 11. Didot, pp. 357-358).

Mais la contemplation n'est point l'ultime sommet des ascensions de l'âme : au-dessus de l'Intelligible réside l'*Un* suprême, le *Bien*. Comment l'âme pourrait-elle donc s'élever au-dessus de l'Intelligible ? Parvenue au faîte de l'Intelligible, elle est, dit Plotin, emportée au delà par le flot même qui l'avait amenée jusque-là (ἐξενεχθεὶς τῷ αὐτῷ τοῦ νοῦ οἷον κύματι. *Enn.* VI, 7. 36. Didot, p. 503) : car au fond de tout le mouvement de l'intelligence opérait, dès le début, la tendance, non pas purement et simplement vers l'Intelligible, mais vers le *Bien*, vers l'*Unité*, par l'Intelligible ; et voilà maintenant l'âme jetée, par dessus toutes les formes de la pensée, jusqu'en face du Bien, de Dieu. Celui-ci ne se contente pas, alors, d'apparaître au regard de l'âme qui le contemple, il la remplit tout entière (Καὶ οὗτος οὐ κατ' ὄψιν φανεὶς, ἀλλὰ τὴν ψυχὴν ἐμπλήσας τοῦ θεωμένου. *Enn.* VI, 7. 35. Didot, p. 502). C'est l'*union* (Μεταξὺ γὰρ οὐδὲν, οὐδ' ἔτι δύο, ἀλλὰ ἓν ἄμφω. *Enn.* VI, 7. 34. Didot, p. 501. Voir aussi *Enn.* VI. 9. 10. Didot, p. 538, et alibi).

Et que fait l'âme en cette suprême extase d'amour ? Rien, sinon vivre de Dieu : son opération, unie à l'opération divine, est, comme celle-ci, au-dessus du mouvement, au-dessus de la vie sensible et animale, au-dessus de l'intelligence même : οὐδὲ κινεῖται ἡ ψυχή,... οὐδὲ ψυχὴ τοίνυν [ἔστι]... οὐδὲ νοῦς... Ὁμοιοῦσθαι γὰρ δεῖ· νοεῖ δὲ οὐδ' ἐκεῖνο, ὅτι οὐδὲ νοεῖ *(Enn.* VI, 7, 35. Didot, p. 503). C'est donc *l'inconscience, dans la fruition du Bien*. Mais tant que la mort n'a point dégagé l'âme de l'étreinte du corps, cette union extatique ne peut être que transitoire *(Enn.* VI, 9. 10. Didot, p. 538).

Plotin, au dire de Porphyre, son disciple, aurait bénéficié plus d'une fois, durant sa vie, de cette extase unitive qu'il décrit.

Voir un exposé des *Ennéades* dans : E. Vacherot. *Histoire critique de l'École d'Alexandrie*. Paris 1846. Tome I. 2e partie. Surtout ch. 2. Plotin. Théologie et ch. 5. Psychologie. — N. B. Quelques références inexactes y ont échappé à la table des errata. — Nos références à l'édition Didot des *Ennéades* n'impliquent pas que nous nous appuyions sur la traduction latine, parfois fautive, qui y côtoie le texte grec.

(1) « Il y a, dans l'Iça-Upanishad, un mot qui nous fait pénétrer exactement

absorption dans le Grand Tout, tel est le but plus spécial que propose le Yoga : le *yogin* n'aspire à rien moins qu'à réaliser ce but dès son existence actuelle, à atteindre la condition surhumaine de *Samâdhi*. Or « le *Samâdhi* gît en puissance chez tout homme » (1) : il suffira donc à l'ascète de *dégager* méthodiquement cet état, qui fait le fond de nous-mêmes. On conçoit dès lors le genre spécial des méthodes usitées dans le Yogisme : ce sont des moyens presque mécaniques de ramener l'esprit de l'éparpillement phénoménal à une concentration de plus en plus complète. D'après le Swami Râma-Krishnânanda, cité par Max Müller (2), le *Yoga Vidya*, dont le but est « d'effectuer l'union de l'esprit individuel et de l'esprit universel » se pratique actuellement de quatre manières : « Le *Mantra-Yoga* consiste à répéter et à répéter encore un mot déterminé, de préférence un mot qui exprime la divinité, et à concentrer sur lui toute sa pensée. Le *Laya-Yoga* est la consécration de toutes ses pensées à un objet ou à l'idée d'un objet, de manière à s'identifier avec lui. Le mieux ici encore est de choisir une image idéale de la divinité... Le *Râja-Yoga* consiste à régler l'esprit par le contrôle de la respiration. C'est un fait d'observation que l'attention fixée brusquement sur un objet nouveau suspend la respiration : on suppose donc qu'inversement la rétention du souffle entraînera im-

dans l'esprit de la doctrine : « L'homme qui comprend que toutes les créatures ne subsistent qu'en Dieu, et qui se rend compte de l'unité de l'être, n'a pas de tristesse ni d'illusion. » — Chantepie de la Saussaye. *Man. d'hist. des religions*. Trad. franç. Paris, 1904. Ch. X. Les Hindous. La religion védique et brahmanique, p. 350.

« Celui qui sait qu'il est le brahman devient identique à tout être; les dieux eux-mêmes ne peuvent l'empêcher » (Upanishads). Cité par Chantepie. *Ibid.*, p. 351. — Dans la doctrine du *Vedânta*, codification philosophique de la religion védique, le *brahman* est identique à l'*atman*.

(1) Swami Vivekananda. *Râja-Yoga*. London, 1896 (d'après W. James, *op. cit.*, 400).

(2) Max Müller, *The Life and Sayings of Râmakrishna*. p. 8. (Cfr J. C. Oman, *The mystics, ascetics, and saints of India*. London 1905, p. 172).

manquablement la concentration de l'esprit. Le *Hatha-Yoga* regarde plutôt la tenue générale du corps : cette méthode produirait la concentration cherchée grâce à certaines attitudes, à la fixation des yeux sur un seul point, par exemple sur la pointe du nez, etc... » L'extase plus ou moins complète qui couronne l'emploi prolongé de ces moyens, c'est un silence de l'âme, dégagée de la connaissance phénoménale du monde et de soi et placée ainsi face à face de son fond subsistant qui n'est autre que l'Esprit Universel.

c) Pour le *Bouddhiste* — à l'inverse du Védantiste — l'état le plus élevé de contemplation, dénommé *Dhyâna*, se caractérise plutôt par des notes négatives : il mène, non pas à l'union positive avec l'Esprit, mais au *Nirvâna*. Nous n'entrerons pas, faute d'espace et plus encore de compétence, dans la question de savoir quelle est la véritable nature du *Nirvâna* : est-ce la chute totale dans le non-être, n'est-ce que l'évanouissement de l'apparence ? « *Nirvâna*, écrit Paul Carus, n'est point annihilation. Ce n'est que l'annihilation de l'erreur ; et en ce sens, c'est la révélation, à celui qui vit dans l'état de *Nirvâna*, d'une vie supérieure de vraie réalité (1). » Quoi qu'il en soit, ce qui nous intéresse ici, c'est que le vrai mystique bouddhiste prétend arriver, durant sa vie terrestre, à un état de haute contemplation, dans lequel toute la fantasmagorie phénoménale des représentations et des désirs s'efface

(1) Paul Carus. *Homilies of Science*. Chicago 1892, p. 124. Remarquons pourtant que cette « erreur » dont libère le *nirvâna*, ce n'est pas seulement le phénomène sensible, c'est aussi toute affirmation et toute activité. Sans doute le bien, « l'action droite » est un acheminement au nirvâna, mais le bien « est encore un acte, et il est nécessaire de s'élever au-dessus de tout *karman* (de tout acte) ». — « Le Bouddhisme, écrit le Dr E. Lehmann, n'est nullement un « culte du néant », comme certains l'ont appelé. Le caractère négatif, qui domine en définitive dans cette religion, résulte de ce qu'elle est contraire à beaucoup de dispositions et d'affirmations positives, non de ce qu'elle fournit une théorie quelconque du néant. » Chantepie de la Saussaye. *Op. cit.*, p. 383.

comme une ombre mensongère, pour faire place à une immensité amorphe et indifférenciée. Comment définir celle-ci ? On pourrait y voir aussi bien le pur *non-être* — ce fond de tableau absolument noir que masquaient pour les profanes les vaines phosphorescences du phénomène — que la *Réalité absolue* — cette lumière d'un éclat si uniforme et si aveuglant, qu'elle nous devient indiscernable dès qu'elle cesse d'être tamisée et fragmentée par l'écran de l'apparence, de « l'illusion », par le voile de la *Mâyâ*. Il demeure vrai, en tout cas, que le bouddhiste veut arriver, par des étapes graduelles d'amortissement de sa personnalité empirique, à un état psychologique extraordinaire, identique peut-être, sauf dans son interprétation, à l'union extatique du système Védantiste.

d) La mystique musulmane, tributaire à la fois du christianisme et du néo-platonisme d'Alexandrie, ne présente qu'exceptionnellement une saveur panthéiste : son objet avoué est le Dieu « un et personnel » de l'Islam (1).

Le *Soufi* musulman s'élève par la double voie de la purification morale et de la contemplation jusqu'à une certaine intuition de Dieu. Les étapes de cette ascension sont diversement marquées par les maîtres spirituels qui se sont succédé depuis l'ouverture de l'hégire. Dou'n-Noun († 245 hég., 859 ap. J.-C.), par exemple, distingue trois degrés mystiques : l'étonnement, la proximité de Dieu et l'union intime. Bestami († 261 h., 874 ap. J.-C.) multiplie les étapes : les plus élevées sont la proximité et l'anéantissement : le soufi doit passer par l'anéantissement personnel pour trouver

(1) Telle est du moins l'opinion — très motivée — du baron Carra de Vaux (*Avicenne*, Paris 1900 ; et *Gazali*, Paris 1902). On a fort exagéré le panthéisme des Soufis : la chute de cette légende restreindrait par contre-coup la portée des attaches qu'on leur a supposées avec les religions hindoues.

Dieu (1). Dans l'épître de Kochéïri (465 h., 1072 ap. J.-C.), « exposé complet et systématique de la doctrine du soufisme », « la croyance unitaire [la croyance à l'unité divine], est-il dit, est le commencement, l'invention de Dieu, le milieu, et l'existence (2), la fin. On n'atteint à l'existence qu'après être sorti du lieu de l'invention ; et Dieu n'existe [pour l'âme] qu'après l'évanouissement de la chair, car la chair ne peut subsister quand apparaît le sultan de vérité (3). » Avant Kochéïri, Avicenne († 429 h., 1037 ap. J.-C.), sans faire lui-même profession de mysticisme, avait détaillé systématiquement les « stations » du soufi. Celui-ci « après qu'il a franchi les phases d'aspiration et d'exercice » en arrive aux ravissements, « délicieux mais courts d'abord », puis progressivement plus fréquents. « Il regarde tour à tour Dieu et son âme comme en un va-et-vient ; mais à la fin son âme même disparaît à ses yeux ; il ne voit plus que la sainteté seule, ou s'il voit encore son âme, c'est en tant qu'elle-même voit Dieu... Parvenu à ce point, il a réalisé l'union (4). » Plus tard c'est Al Gazali († 505 h., 1111 ap. J.-C.) qui se fait le champion de la mystique intuitive. Il y a, d'après lui, deux mondes, le visible et l'invisible et, chez l'homme, deux connaissances correspondantes, la connaissance sensible et la connaissance mystique. « Supposons, explique Gazali, que l'on veuille amener l'eau dans un bassin creusé en terre ; on peut l'y amener de sources extérieures au moyen de canaux ; mais peut-être, si l'on creuse à l'intérieur du bassin, que l'on enlève les couches de terre, on arrivera à découvrir une nappe d'eau plus abondante et moins

(1) Carra de Vaux, *Gazali*, p. 182.
(2) Probablement « l'existence » directement perçue en Dieu — ou « la vie unitive » comme dit M. Carra de Vaux (*op. cit.*, p. 187).
(3) *Op. cit.*, p. 186.
(4) *Op. cit.*, p. 197.

sujette à tarir. Le cœur est comme ce bassin. La science peut lui être amenée du dehors par les canaux des sens ; mais qu'au contraire l'homme ferme ces canaux par la solitude et la retraite, et qu'il creuse au fond de son cœur en le déblayant de tous les soins du monde, il y verra jaillir la science qui le remplira tout entier (1). » L'extase serait donc, pour Gazali, l'aboutissant naturel de l'ascèse plutôt qu'un don gratuit de Dieu.

On pourrait échelonner encore, après Gazali, bien des témoignages qui montreraient, dans la tradition constante du soufisme, l'importance de ce point culminant des stations mystiques : l'union à Dieu, état de joie et de clarté où « l'âme s'isole en compagnie de Dieu » (Djilâni, † 561 h., 1165 ap. J.-C.). La science rationnelle paraît bien pâle au soufi à côté de cette science mystique : « La science de ceux qui possèdent la vérité résulte d'une découverte divine et ne reçoit pas la contradiction » (Ibn Arabi, † 638 h., 1240 ap. J.-C.) (2). C'est « une perception immédiate, comme lorsqu'on touche les objets de la main » (3) (Gazali). Et la race des soufis, aujourd'hui même, n'est point éteinte.

e) Cherchons maintenant chez nos contemporains occidentaux quelques exemples d'états d'illumination, de « présence » transcendante, rappelant l'union mystique.

Ces états peuvent se présenter *en dehors* de toute influence et *de toute interprétation religieuse*. Tel le cas d'un ami de W. James, qui éprouva souvent le sentiment intense d'une présence suprasensible. « Ce n'était pas la simple conscience que quelque chose était

(1) *Op. cit.*, p. 205.
(2) *Op. cit.*, p. 267.
(3) A. Schmölders. *Essais sur les écoles philosophiques chez les Arabes.* Paris 1842, p. 68.

là, mais c'était, [noyée dans le bonheur profond que causait cet objet], la perception saisissante de quelque bien ineffable. Non pas la vague appréhension d'un « *autre* », non pas quelque chose comme le contre-coup émotionnel d'un poème, ou d'un tableau, ou d'une floraison, ou d'une musique, mais la connaissance certaine de l'intime présence d'une sorte de personnalité puissante ; et quand cette présence se fut évanouie, le souvenir en persista comme celui de la perception d'une réalité (1). » Le sujet de cette « expérience », esprit des plus pénétrants au témoignage de James, ne l'interpréta, d'ailleurs, aucunement comme une manifestation divine.

Les exemples seraient nombreux, qu'on pourrait ranger sous la rubrique « *Cosmic consciousness* » inventée par un psychiâtre canadien, le Dr Bucke. La « conscience cosmique » n'est point une simple exaltation ou une expansion de la conscience ordinaire, c'est une fonction nouvelle qui rappelle, dans un autre ordre, l'intuition directe que nous avons de notre moi ; « c'est la conscience du cosmos, de la vie et de l'ordre de l'univers. Cette conscience s'accompagne d'une illumination intellectuelle qui suffirait à elle seule pour élever l'individu à un nouveau plan d'existence... Il s'y joint un état d'exaltation morale, un sentiment indescriptible d'élévation...., une sorte de sens d'immortalité, une conscience de vie éternelle ; non pas seulement la conviction qu'on l'obtiendra, cette vie, mais la conscience qu'on la possède déjà (2). »

Un homme de science fait à W. James la communication suivante : « Entre 20 et 30 ans, je devins, graduellement, de plus en plus agnostique et irréligieux ; pourtant je ne puis pas dire que je perdis jamais cette

(1) W. James. *Varieties*. p. 60.

(2) Dr R. M. Bucke. *Cosmic consciousness*. Philadelphia 1901 (by James, p. 398).

conscience indéfinie, si bien décrite par H. Spencer, d'une Réalité absolue s'étendant derrière les phénomènes. Pour moi, cette Réalité n'était point le pur Inconnaissable de Spencer ; bien que j'aie abandonné mes prières d'enfance à un Dieu défini, et que même je n'aie jamais adressé de prière formelle à ce « quelque chose », mon expérience récente me montre que je fus avec *lui* dans une relation pratiquement équivalente à la prière. Lorsque j'étais troublé... ou déprimé... je m'appuyais, pour me réconforter, sur cette curieuse relation en laquelle je me sentais avec ce « quelque chose » qui est la base même du cosmos... *Il* était près de moi — ou j'étais près de *lui*, comme vous voulez — et toujours *il* me fortifiait, et il semble que je puisais une vitalité infinie dans le sentiment de la présence dont *il* m'investissait et me soutenait.... Maintenant, à l'âge d'environ 50 ans, j'ai entièrement perdu ma faculté d'entrer en rapport avec *lui*, et je dois avouer que ma vie en reste privée d'un puissant secours (1). »

Le cas suivant — étant donné l'état nerveux de son héros, J. A. Symonds — confine à la pathologie. « Brusquement..., alors que mes muscles étaient en repos, je sentais l'approche de l'accès. Irrésistiblement il envahissait mon esprit et ma volonté... Une raison me rendait désagréable cet état de transe, c'est que je ne pouvais pas me le décrire à moi-même. Maintenant encore, je ne puis trouver de paroles pour le rendre intelligible. Il consiste dans un effacement graduel mais rapide de l'espace, du temps, de la sensation, de ces multiples éléments d'expérience qui semblent caractériser ce qu'il nous plaît d'appeler notre Moi. A mesure que ces conditions de la conscience ordinaire disparaissaient, le sentiment d'une conscience sous-

(1) W. James. *Varieties*, pp. 64-65.

jacente et essentielle gagnait en intensité. A la fin, il ne demeurait plus qu'un Moi pur, absolu, abstrait. L'univers s'était dépouillé de toute forme et vidé de tout contenu. Mais le Moi persistait, formidable dans sa subtilité vivace, en proie au doute le plus poignant sur la réalité, prêt à admettre — semble-t-il — que toute existence s'évanouissait autour de lui comme crèverait une bulle de savon (1). »

Pour descendre dans les abîmes du « Moi pur » et en dégager la « conscience cosmique », il n'est point nécessaire d'attendre patiemment un « accident » favorable ou de s'entraîner par une ascèse rigoureuse, il suffit d'inhaler prudemment un anesthésiant. Mr Blood a pu écrire un livre sur la « Révélation anesthésique » (2) et W. James connaît « plus d'une personne qui est persuadée que, dans la transe causée par le protoxyde d'azote, on obtient une véritable révélation métaphysique » (3). Lui-même, expérience faite, a cru devoir conclure — non pas à une réalité mystique — mais à la présence latente en nous de formes de conscience entièrement différentes du type ordinaire : « on pourrait passer toute sa vie sans en soupçonner l'existence (4). » Il y a des fervents de la « révélation anesthésique », qui souvent est une révélation moniste : tout l'*Autre* leur apparaît alors absorbé dans l'*Un*. « Nous passons tout entiers dans cet Esprit qui nous envahit, oubliant et oubliés — et dès lors, chacun est toute chose, en Dieu. Il n'existe rien de plus élevé, rien de plus profond, rien d'*autre*, que la vie même dans laquelle nous plongeons... L'Un demeure, le quelque-chose (la pluralité)

(1) W. James. *Varieties*, p. 385.
(2) B. P. Blood. *The anaesthetic revelation and the gist of philosophy*. Amsterdam N. Y. 1874.
(3) *Op. cit.*, p. 387.
(4) *Op. cit.*, p. 388.

change et passe ; et chacun et tous nous *sommes* l'Un qui demeure (1). »

f) Laissons la « révélation moniste » naturelle — qui présente tant d'analogies avec l'extase des religions hindoues — pour nous rapprocher des mystiques catholiques « approuvés », en passant d'abord par quelques intermédiaires *protestants*.

D'un clergyman : « Je me trouvai seul avec Celui qui m'a créé... Je ne le cherchais pas, mais je sentais la parfaite union de mon esprit avec Lui. La perception ordinaire des choses extérieures s'effaçait. Plus rien à ce moment qu'une joie et une exaltation indicibles. Il est absolument impossible de décrire cette expérience... L'obscurité (de la nuit) recélait une présence d'autant plus sentie qu'elle n'affectait point la vue. Il ne m'était pas plus possible de douter de *sa* présence que de la mienne propre. Je me sentais, s'il est possible, le moins réel des deux. Ma foi la plus élevée en Dieu et l'idée la plus fidèle que j'aie de lui sont nées alors. J'étais monté sur la montagne de la vision et j'avais senti l'Éternel m'envelopper (2). » J. Trevor, dans son livre *My Quest for God* (3), insiste sur la valeur de cette sorte d'état mystique : « Ces expériences supérieures que j'eus de la présence de Dieu furent rares et brèves — éclairs de la conscience qui me forçaient à m'écrier avec surprise : Dieu est là... J'ai discuté sévèrement la valeur de pareils moments... Mais je trouve qu'après critique et contrôle, ils subsistent toujours comme les expériences les plus réelles de ma vie... Je ne les ai point cherchés. Ce que je cherchais, délibérément, c'était de vivre plus intensément ma vie propre... C'est dans les périodes les plus objectives de mon existence, que cette Présence Réelle survint et

(1) *Op. cit.*, p. 389.
(2) W. James, *op. cit.*, p. 66.
(3) London, 1897.

que je m'aperçus que j'étais plongé dans l'Océan infini de la Divinité (1). » Encore un cas, emprunté à la collection de Flournoy; le narrateur est un Suisse, qui ne se trouve pas autrement désigné : « J'étais en parfaite santé... Je n'éprouvais ni fatigue, ni faim, ni soif et mon esprit était également en bon équilibre... Tout d'un coup j'eus l'impression d'être enlevé au-dessus de moi-même, et je sentis la présence de Dieu... tout comme si sa bonté et sa puissance me pénétraient de part en part... Je crois bon d'ajouter que dans cette extase Dieu ne présentait ni forme, ni couleur, ni odeur, ni résistance au toucher; bien plus, le sentiment de sa présence n'était accompagné d'aucune localisation précise. C'était plutôt comme la transformation de ma personnalité par un pur esprit (a spiritual spirit). Mais plus je cherche des mots pour exprimer cet événement intime, plus je sens l'impossibilité de le dépeindre par aucune de nos images ordinaires. Au fond, l'expression la plus apte à exprimer ce que j'éprouvai est la suivante : Dieu était présent, bien qu'invisible : sans qu'il tombât aucunement sous mes sens, ma conscience le percevait (2). »

3. Parmi les *mystiques catholiques orthodoxes*, nous n'en interrogerons que trois ou quatre, des plus autorisés ; et encore ne considérerons-nous que les traits essentiels de leurs états proprement mystiques. Pour achever d'enlever à ce petit travail toute prétention documentaire ou bibliographique, et pour la commodité des références, nous emprunterons nos citations à cette sorte de « florilegium » de textes mystiques que le P. Poulain joint en appendice aux différents chapitres de son livre *Les grâces d'oraison* (3). Au besoin,

(1) W. James, *op. cit.*, p. 397.
(2) W. James, *op. cit.*, pp. 67-68.
(3) 5e édit. Paris 1906.

les contextes ont été vérifiés. Nous ne prétendons aucunement par nos emprunts imposer au docte auteur la solidarité de nos opinions, qui — au vrai — s'écartent parfois notablement des siennes. Mais nous sommes ravi de pouvoir, dans une exégèse aussi délicate que celle de la littérature mystique, nous appuyer sur un interprète dont l'expérience personnelle et prolongée de directeur d'âmes double l'autorité en ces matières.

Les états proprement mystiques s'échelonnent en plusieurs degrés, dont le nombre et la dénomination varient d'après les auteurs. Le P. Poulain, par exemple, distingue, en ordre ascendant, la quiétude, l'union pleine, l'extase et l'union transformante. Mais ces états ne sont que des étapes ou des variétés d'un même phénomène fondamental : l'*intuition* mystique, la *perception* intellectuelle de la Divinité *présente*.

« Dieu, dit Ste Thérèse, s'établit lui-même dans l'intérieur de cette âme de telle manière que, quand elle revient à elle, il lui est impossible de douter qu'elle n'ait été en Dieu et Dieu en elle (1). » « Je connais une personne qui ne savait pas que Dieu fût en toutes choses par présence, par puissance et par essence, et qui, après avoir été favorisée de la grâce dont je parle, le crut de la manière la plus inébranlable (2). »

Essayons de préciser le mode de cette perception intime de Dieu.

« Lorsque le Dieu Très-Haut vient rendre visite à l'âme, celle-ci reçoit quelquefois la faveur de le voir ; elle le voit alors en elle-même, sans forme corporelle, plus clairement qu'un homme mortel n'en voit un autre. Les yeux de l'âme éprouvent alors une plénitude *purement spirituelle*, dont je ne puis rien dire parce que les paroles et l'imagination sont impuissantes à

(1) *Château intérieur* 5. 1. (Poulain, 85).
(2) *Ibid.*

l'exprimer ». Ceci est de la B^e Angèle de Foligno (1). « Dans cette oraison, dit à son tour Ste Thérèse, on ne voit rien, *pas même des yeux de l'imagination*, à quoi on puisse à proprement parler donner le nom de vue... (2). »

« Quand toutes les puissances sont simultanément unies à Dieu [dans l'union pleine], elles ne sont capables de quoi que ce soit au monde. L'entendement est *comme stupéfait* de ce qu'il contemple. La volonté aime plus que l'entendement ne conçoit, mais *sans que l'âme puisse dire*, ni si elle aime, ni ce qu'elle fait. A mon gré, la *mémoire* est comme si elle n'existait pas ; l'*imagination de même*. Pour les *sens*, non seulement ils n'ont plus leur activité naturelle, mais on dirait qu'on les a perdus (3). » De cette union « l'extase ne diffère qu'en ceci : elle dure davantage et se fait plus sentir à l'extérieur (4). » S. Jean de la Croix marque nettement, lui aussi, cette suspension de l'activité des facultés inférieures dans la contemplation mystique : « Cette théologie mystique... est si simple, si spirituelle et générale, que l'intelligence la reçoit sans être enveloppée *dans aucune espèce d'image* ou de représentation capable d'être reçue par les sens (5). »

Aussi, pour y avoir accès, à cette contemplation, la voie nécessaire est le détachement du « sensible », l'abandon du « discours » et le recueillement graduel de l'âme en elle-même. Écoutons un écho christianisé du néo-platonisme, dans cette « Théologie mystique » du Pseudo-Denys, inspiratrice de tant de contemplatifs et de théoriciens de l'Oraison : « Ὦ φίλε..., tends avec force vers les contemplations mystiques, et là, abandonne les connaissances des sens et les opérations de l'entende-

(1) *Vie*, ch. 52. (P. 264).
(2) *Château* 6. 1. (P. 98).
(3) Ste Thérèse, 2e lettre au P. Rodrigue Alvarez. (P. 242).
(4) *Ibid.*
(5) *Nuit de l'âme* II, 17. (P. 131).

ment, tout ce qui est sensible ou intelligible (1), tout ce qui est ou n'est pas, pour t'élever, sans connaissances naturelles et dans la mesure qui te sera accordée, à l'union de celui qui est au-dessus de tout être et de toute connaissance rationnelle (ὑπὲρ πᾶσαν γνῶσιν). Par cette séparation absolue et pure de toutes choses, par cette délivrance universelle, tu seras élevé au rayon surnaturel (ὑπερούσιον) de l'obscurité divine (2). »

Πρὸς τὴν τοῦ θείου σκότους ἀκτῖνα : le rayon de la ténèbre divine ! Pour comprendre l'état mystique nous devrions être à même d'opérer, autrement que par des mots, la synthèse de cette antinomie qui nous est jetée si fièrement à la face. L'intuition divine est *aussi obscure que lumineuse*. « Si en voyant Dieu on comprend ce que l'on voit, ce n'est pas Dieu qu'on a contemplé, mais quelqu'une des choses qui viennent de lui et que nous pouvons connaître (3). » « La contemplation, écrit S. Jean de la Croix, ne donne qu'une connaissance générale et obscure, au moyen de laquelle l'entendement ne parvient pas à connaître distinctement ce qui est présenté (4). » Et ce passage de Tauler est instructif : « ... l'esprit est transporté au-dessus de toutes les puissances, dans une sorte de solitude immense, dont nul mortel ne peut parler convenablement. C'est la mystérieuse ténèbre où se cache le bien sans bornes. On est admis et absorbé dans quelque chose d'un, de simple, de divin, d'illimité, tellement que, semble-t-il, on ne s'en distingue plus. Je parle, non de la réalité, mais de l'apparence, de l'impression ressentie. Dans cette unité le sentiment de la multiplicité s'efface.

(1) Au sens néo-platonicien. Τὰ νοητὰ désigne l'objet propre de la science linie, de la γνῶσις.

(2) *De Myst. Theol.*, C. I. (P. 131). — Nos intercalations sont empruntées au tome II des *Opera S. Dionysii Areopagitae*, cum scholiis S. Maximi et paraphrasi Pachymerae. Edit. Cordier S. J. Antverpiae 1634, p. 2.

(3) Pseudo-Denys. *Lettre I.* (P. 117).

(4) *Vive Flamme*. III. 3. § 10. (P. 117).

Quand ensuite ces hommes reviennent à eux-mêmes, ils retrouvent une connaissance distincte des choses, plus lumineuse et plus parfaite.... Cette obscurité est une lumière à laquelle nulle intelligence créée ne peut arriver par sa nature. C'est aussi une solitude, parce que cet état est naturellement inabordable (1). »

Il semblerait bien que le mystique, tout absorbé dans sa vision sublime, perdît le sentiment de sa propre personnalité et ne fît, alors, aucun retour conscient sur ses actes. En effet, on trouve souvent accusée une *inconscience relative*, qui n'est point la cessation de toute activité intellectuelle, mais la *réduction suprême* — d'ailleurs momentanée — *de la multiplicité des actes à l'unité*, et, par conséquent, l'effacement de la distinction perçue d'objet et de sujet. « Quand Dieu élève l'âme à l'union, dit Ste Thérèse, dans une page qu'il faudrait citer en entier, il suspend l'action naturelle de toutes ses puissances, afin de mieux imprimer en elle la véritable sagesse. Ainsi *elle ne voit, ni n'entend, ni ne comprend pendant qu'elle demeure unie à Dieu*... Mais, me direz-vous, comment peut-il se faire que l'âme ait vu, entendu qu'elle a été en Dieu et Dieu en elle, puisque durant cette union elle ne voit ni n'entend ? Je réponds [qu'*elle ne le voit pas alors*, mais qu'*elle le voit clairement plus tard, après qu'elle est revenue à elle-même*, et] (2) elle le sait, non point par une vision mais par une certitude qui lui reste et que Dieu seul peut lui donner (3). »

Lorsqu'on lit ces passages de S. Jean de la Croix ou de Ste Thérèse sur l'obscurité divine et sur l'absence de conscience réfléchie, il convient de ne point perdre de vue le commentaire qu'en donnent et leur contexte et

(1) *Premier Sermon pour le deuxième dimanche après l'Epiph.* (P. 267).
(2) Nous restituons ces quelques mots qui sont remplacés par des points dans la citation du P. Poulain.
(3) *Château*, 5. 1. (P. 241 et 98).

d'autres textes des mêmes auteurs. Nous nous permettrons de citer encore quelques lignes du P. Alvarez de Paz, qui nous paraissent préciser — autant qu'il est possible — le genre d'activité psychologique qui accompagne l'extase : « Dieu se manifeste à l'âme par une image qui le représente très parfaitement. Les sens ne l'ont pas reçue et ne la donnent pas : *elle n'est pas composée avec des formes possédées d'avance*, mais c'est une *infusion nouvelle* faite à l'esprit... Ainsi aidé et fortifié l'esprit voit Dieu. *Il n'y arrive pas en niant* ou en retirant de lui quelque chose, comme quand on dit : Dieu n'est pas limité ni fini. Ce n'est *pas non plus en affirmant* de lui quelque chose, en le lui attribuant, comme lorsqu'on dit : Dieu est bon et sage. Mais c'est *en regardant* la grandeur divine sans mélange, dans la tranquillité d'un jour serein. Certes, ô lecteur, quand tu vois la lumière avec les yeux du corps, tu n'y arrives pas par des rapprochements d'idées.... Tout simplement tu vois la lumière. De même l'âme, dans ce degré de contemplation, *n'affirme rien, ne nie rien, n'attribue rien, n'écarte rien*, mais, dans un plein repos, *elle voit* Dieu. On me dira : c'est étonnant, ou plutôt incroyable... Je l'avoue, c'est étonnant. Pourtant le fait est très certain (1). » On traduirait exactement cette analyse dans le langage technique de la psychologie moderne, en disant que la haute contemplation mystique n'est ni une perception sensible, ni une projection imaginative, ni une connaissance discursive mais, à strictement parler, une *intuition intellectuelle*, une de ces intuitions dont nous ne possédons pas le type complet dans notre expérience ordinaire. Avant de chercher à nous faire quelque idée de ce que pourrait être cette intuition chez les mystiques, il nous faut ajouter encore deux ou trois remarques d'un caractère purement descriptif.

(1) *De inquisit. pacis*, V, 3e partie, ch. 14. (P. 275).

1° A son plus haut degré, la contemplation mystique n'apparaît pas précisément comme un effacement de la personnalité devant la clarté de plus en plus exclusive de la présence divine, mais plutôt comme une *union* dans laquelle la personnalité, loin d'être anéantie, est *surélevée* et *transformée*. « C'est une transformation totale de l'âme en son Bien-Aimé,... par une certaine consommation de l'union d'amour, qui élève l'âme au-dessus d'elle-même, qui la divinise, et la rend pour ainsi parler Dieu par participation, autant du moins que la chose est possible en ce monde (1). » « On pourrait même dire que, par cette participation, l'âme paraît être plus Dieu qu'elle n'est âme, quoi qu'il soit vrai qu'elle garde son être et que celui-ci reste distinct de l'être divin, comme le verre reste distinct du rayon qui l'éclaire et le pénètre (2). »

2° Nous n'avons guère mis en évidence *les éléments affectifs* des états mystiques. C'est qu'ils ont moins d'importance au point de vue spécial de cet article. Mais il est clair que leur intensité et leurs variations offriraient, en elles-mêmes, un objet d'étude fort intéressant. Nous ne croyons pas cependant qu'*elles seules* puissent faire poser la question d'une distinction foncière entre les états mystiques et les états psychologiques ordinaires. Car il semble que, si la plus haute contemplation se dégage de toute participation des représentations sensibles ou imaginaires, elle maintienne cependant dans son intégrité, ou peu s'en faut, la polarisation affective du composé humain tout entier, corps et esprit. Du moins nous ne trouvons nulle part que l'amour extatique réside exclusivement — comme l'intuition proprement dite — « à la cime de l'esprit » (3) et nous croyons reconnaître de nombreux indices du

(1) S. Jean de la Croix, *Cantique*, XXII, 1. (P. 288).
(2) S. Jean de la Croix, *Montée du Carmel*, II, 5. (P. 288).
(3) Alvarez de Paz. *De inquisitione pacis*, V, 3, 14. (P. 276).

contraire. Mais si la contemplation mystique s'exerce sans immixtion d'aucune image sensible, comment expliquer le maintien d'une certaine affectivité inférieure ? ou du moins en quel sens faudrait-il interpréter celle-ci ? Il y a là un problème — qui n'est sans doute point insoluble — mais que nous n'aborderons pas ici.

3° La contemplation ou l'extase, chez les grands mystiques catholiques, *favorise l'action*, loin d'en détourner ; elle ne soustrait à l'action quelques minutes ou quelques heures que pour l'investir ensuite d'une plénitude et d'une vigueur exceptionnelles. Bien plus — et il semble que ce soit là l'état le plus parfait auquel le mystique puisse aspirer sur terre — la contemplation la plus élevée devient *habituelle*, et alors, au lieu de suspendre les activités inférieures, *elle les restitue à leurs fonctions normales*, réalisant ainsi chez le sujet qui en est favorisé, non plus une unité momentanément préjudiciable à la vie extérieure, mais une sorte de dédoublement harmonieux, qui le maintient en contact avec Dieu sans lui enlever la liberté d'esprit nécessaire aux occupations de ce monde. Ste Thérèse offre un bel exemple de cet état mixte.

4° Nous croyons inutile d'insister sur l'*interprétation que les mystiques donnent eux-mêmes de la nature de leur état*. Ils sont unanimes à considérer l'union mystique proprement dite comme une grâce de Dieu, non pas seulement en ce sens que Dieu, par une providence spéciale, les aurait faits les bénéficiaires d'un concours exceptionnel de circonstances d'ailleurs naturelles, mais en ce sens qu'une *intervention divine directe aurait produit* en eux *un état absolument inaccessible aux seules forces humaines*. « Comme dans l'ordre de la nature, l'âme ne peut agir par elle-même que grâce à l'intervention des sens, il en résulte que dans cet état c'est Dieu qui agit particulièrement en elle... Il lui communique dans la contemplation des biens très spiri-

tuels qui sont à la fois sa connaissance et son amour. L'âme se voit ainsi remplie de cette connaissance amoureuse, sans faire aucun usage ni du discours, ni du raisonnement, ni des actes qu'elle ne peut plus produire comme autrefois (1). » Dans ces quatre lignes, S. Jean de la Croix nous fournit les deux grandes raisons « psychologiques » qui portent les mystiques à attribuer à leur état une origine divine *immédiate :* c'est d'abord leur apparente *passivité* et insuffisance personnelle dans l'établissement de ces états ; c'est ensuite le *mode même de la connaissance* qui leur est alors communiquée, mode non seulement extraordinaire, mais en contradiction, semble-t-il, avec une loi psychologique fondamentale, c'est-à-dire avec la nécessité de l'*intellectio in phantasmate*. Je ne parle pas des raisons théologiques et morales qui peuvent appuyer ces raisons psychologiques. La question de la *causalité immédiate* des états mystiques est donc déjà, pour les mystiques eux-mêmes, affaire d'interprétation et de raisonnement : le témoignage des intéressés ne peut y garder la même valeur que sur ce point d'observation directe qu'est *la réalité même de « l'intuition intellectuelle »*, de « la vision sans images » de Dieu présent.

Et ce phénomène déroutant est formellement affirmé. Constitue-t-il *un phénomène sui generis, supérieur à nos lois psychologiques*, ou bien *son originalité n'est-elle qu'illusoire* et *se laisse-t-il ramener, par analyse, à nos cadres phénoménaux ordinaires ?*

4. *a)* Remarquons d'abord — et la chose en vaut la peine — que s'il est excellent, dans l'étude du mysticisme, d'étendre son enquête aussi largement que possible, il serait par contre peu scientifique d'affirmer sur la foi d'un certain nombre de similitudes apparentes l'identité foncière de tous les cas recueillis. Nous appré-

(1) S. Jean de la Croix, *Vive Flamme*. III, 3, § 5. (P. 146).

cierons sévèrement la légèreté d'un psychologue qui, après comparaison sommaire d'exemples profanes ou religieux tels que nous en avons rapportés, conclurait — non pas même à l'identité des *causes* en jeu, ce qui dépasserait trop évidemment la compétence de la seule psychologie — mais à l'identité du *contenu phénoménal* de tous ces états similaires.

Et cette remarque nous paraît d'autant plus justifiée que, chez les mystiques chrétiens eux-mêmes, les divers degrés d'union — tels qu'on les trouve décrits — ne sont pas tous également réductibles ou irréductibles à un schème purement psychologique. Parfois, quand l'élément sensible ou imaginaire y subsiste, on pourrait se demander si la contemplation implique réellement une « intuition intellectuelle » et s'il ne faut pas la ramener, psychologiquement parlant, à la forme d'une hallucination interprétée. Parfois « l'intuition intellectuelle » — si c'en est une — s'accompagnera au moins d'une image spatiale : on sentira Dieu, *à côté* de soi, *autour* de soi, ou bien *dans une direction* assez vaguement déterminée : ce cas est-il évidemment différent, dans son contenu, de cette « projection spatiale hallucinatoire d'un concept », dont nous avons reconnu plus haut la possibilité purement « profane » ? Enfin, l'intuition, d'après la description des mystiques, peut être non seulement sans images mais aussi *sans aucune localisation*, et dans ce cas, la conscience actuelle du Moi ou bien est conservée ou bien semble supprimée : ici, *si la lettre des documents fait foi*, force sera bien de renoncer à trouver des états correspondants dans la psychologie ordinaire : mais le mystique ne s'est-il point fait illusion ?... Puis, la juxtaposition, dans un même sujet, de l'état d'union et des actes de la vie extérieure jette une nuance nouvelle sur le phénomène mystique fondamental. Gardons-nous donc d'assimiler sans précaution des cas peut-être très dissemblables.

b) Et sous cette réserve, qu'on nous permette maintenant une *critique rapide de quelques opinions* formulées sur la nature psychologique de la haute contemplation. Nous ne tiendrons aucun compte de celles qui demeurent en dessous même du degré d'information et de discernement qu'on peut exiger d'un article d'honnête vulgarisation ; parmi celles dont il vaut la peine de tenir compte, nous n'en choisirons que deux ou trois, plus typiques.

D'abord celle de J. H. Leuba (1). Elle revient essentiellement à ceci : durant la transe, le contenu de la conscience mystique va s'appauvrissant et s'uniformisant : ce mouvement se poursuit, non seulement jusqu'à un monoïdéisme assez vague, mais même jusqu'à l'inconscience, que Leuba considère comme un *aïdéisme* parfait. Revenu à lui, le mystique *interprète* la suite de ses états : malgré leur continuité affective, il y perçoit une lacune, « il sent un vide ; ce vide, ce rien, en devenant ainsi un objet de la pensée, prend existence et devient *le* Rien qui cependant *est* (2). » Et comment cela ? Grâce à une doctrine préconçue sur les attributs de la divinité : il y a identification après coup entre un concept et une expérience, entre le Dieu de la spéculation métaphysique et le Rien expérimenté, si l'on peut dire... Changez la doctrine, et la même expérience conduira au Nirvâna bouddhiste.

William James, après avoir remarqué que l'expérience mystique, si elle fait autorité pour le sujet qui en est favorisé, n'offre aucune garantie rationnelle aux profanes, professe pourtant que la simple existence de cette expérience subjective ruine la prétention « de la

(1) J. H. Leuba, *Les tendances fondamentales des mystiques chrétiens*. Revue philos., Paris, 1902 (t. 54), pp. 1-36 et 441-487.

Au point de vue qui nous occupe, on pourrait — malgré leurs appréciations très différentes sur la valeur sociale du mysticisme — rapprocher M. Leuba et M. Murisier. (*Les maladies du sentiment religieux*. Paris, 1901, chap. I).

(2) *Loc. cit.* p. 481.

conscience non mystique ou rationaliste, fondée seulement sur les sens et sur l'entendement » (1), à représenter la totalité des modes possibles de conscience. Plus loin (2), il propose une *hypothèse* qui lui paraît exprimer le *noyau commun* des formes les plus diverses de la mystique, et rattacher celle-ci à la psychologie expérimentale sans la couper du contact qu'elle a *peut-être* avec une réalité ultérieure. Notre Moi conscient se trouve en continuité avec un *Moi subconscient* (l'équivalent du « Moi subliminal » de Myers), qui n'est point une dégradation du Moi conscient, mais une région profonde, aux richesses encore inexplorées, où s'élaborent silencieusement les intuitions du génie aussi bien que les intuitions mystiques. L'ignorance de ce travail souterrain en fait attribuer les effets à une cause étrangère — et en cela, *on n'a que partiellement tort*, car le subconscient, qui émerge d'une part dans la conscience claire, se continue, d'autre part, avec un monde plus vaste, qui le déborde et constamment l'influence. Cette Réalité transsubliminale recevra d'ailleurs des déterminations diverses dans les diverses métaphysiques. Pour un chrétien, cette Réalité sera Dieu, dont la grâce, source de lumière et levier d'action, prendrait point d'appui sur le subconscient humain pour ébranler par contre-coup les facultés supérieures d'intellection et de vouloir (3).

Fort analogue — mais plus rigoureusement psychologique, si nous la comprenons bien — est l'explication de M. H. Delacroix. « Le sentiment de passivité qu'expriment si fortement les mystiques, et d'où ils

(1) W. James, *Varieties....* pp. 422-423.

(2) *Op. cit.*, pp. 512 sqq.

(3) Cf. une idée du même genre chez A. Godfernaux, *Psychologie du Mysticisme*. Revue philos., Paris, 1902 (t. 54), p. 169. Note 1. D'après ce psychologue, qui ne fait point d'ailleurs autorité en théologie, « le point d'application » de la grâce (actuelle) serait « dans la cénesthésie », dans la sensibilité générale, et non pas dans les facultés supérieures.

concluent la transcendance de leurs états et leur rapport à une activité supérieure, à l'action divine, est l'ignorance d'un travail intérieur, de l'*activité subconsciente*..... Puisque ces états apparaissent en dehors de toute attente, soudainement, sans cause ; puisqu'ils n'ont point de raison ni de règle qui soit connue ; puisqu'ils dépassent la nature par la valeur de leur contenu et par leur puissance d'action, il faut les rapporter à une cause étrangère. La nature ne peut se dépasser elle-même. Or l'hypothèse d'une activité subconsciente soutenue par certaines dispositions naturelles et réglée par un mécanisme directeur remplit exactement le rôle de cette cause étrangère et explique entièrement ce sentiment de *passivité* et d'*extériorité* (1). » Et d'un. Le subconscient, de plus, « rend compte de tous les caractères que les mystiques attribuent à leurs *visions* et *paroles intérieures* (2). » Enfin, « il n'est pas plus difficile d'y rattacher ces *grandes intuitions confuses*, magnifiques et inattendues qui émergent soudain, couvrant d'ombre la conscience ordinaire du moi et des choses. L'intuitivité, latente sous les actes distincts de la méditation et de la vie chrétienne, l'intuitivité qui est le fond de l'esprit mystique et qui apparaît obscurément sous les efforts qu'il fait pour se dégager de la pensée logique et de l'effort volontaire, cette aptitude innée à réagir au monde, à l'action d'ensemble du monde sur l'âme, non point par des réactions locales, multiples et précises, mais par une vaste attitude d'ensemble, se dégagent, lorsque le travail de préparation le leur permet, sans qu'il y ait proportion entre la richesse naturelle ainsi libérée et l'effort qui le met au jour (3). » M. H. Delacroix n'accorde donc pas aux mystiques que cette intuitivité, dont il les reconnaît doués, soit la

(1) H. Delacroix, *op. cit.*, pp. 404-405.
(2) *Ibid.*, p. 405.
(3) *Ibid.*, p. 405.

faculté d'avoir une de ces intuitions strictement intellectuelles, absentes de notre psychologie ordinaire, mais dont Kant lui-même admet quelque part la possibilité absolue. L'intuitivité mystique ne serait qu'une sorte d'esthétique, supérieure et épurée, mais réductible au jeu raffiné des réactions conscientes et subconscientes de nos tendances et de nos représentations d'origine sensible. Le « nihil in intellectu quod non prius fuerit in sensu » n'aurait à abdiquer aucune parcelle de son empire, et la mystique n'ouvrirait point une brèche dans le déterminisme rigoureusement psychologique des faits mentaux.

Nous mentionnerons encore, pour sa partie psychologique, la théorie exprimée par E. Recéjac dans sa thèse *Essai sur les fondements de la connaissance mystique* (1). L'auteur résume sa pensée dans une courte note de la page 61 de cet ouvrage : « Voilà bien le travail intérieur du mysticisme : la Volonté aspirant à l'Absolu, luttant à la fois contre la conscience empirique et s'y appuyant symboliquement, cherchant à se passer même de symboles, arrivant enfin à une inconscience où ne subsiste plus que le désir avec une assurance de pureté morale qui équivaut à la possession de l'Absolu. » Les états mystiques seraient donc des étapes du mouvement ascensionnel qui entraîne la *Volonté* vers l'Absolu : ce mouvement est soutenu et orienté constamment par les *symboles* que présente la conscience ; mais la volonté, sous peine de mentir à sa loi interne, *dépasse* à chaque instant ce symbolisme particulier : il lui est à la fois un secours et une entrave. Le mystique cherche à *affranchir* progressivement la tendance profonde de la Volonté de ses étais phénoménaux : il *utilise* d'abord le symbolisme tout en le *réduisant ;* puis, au sommet de l'extase, arrive à le *supprimer* et retrouve

(1) Paris, 1896.

ainsi, dans le silence de la conscience phénoménale, toute *la pureté de la tendance*, du désir foncier, qui faisait l'unité et le principe moteur de son ascension. Le mystique ne rencontre donc autre chose, dans ses transes les plus sublimes, que le fond même de son *Moi*, son Activité profonde, ou si l'on veut sa Liberté ; mais il y rencontre du coup « l'Absolu, immanent à la Liberté », c'est-à-dire, si nous comprenons bien, l'affirmation pure, directe, non symbolique, plutôt vécue que pensée, de l'*Absolu* (1).

Toutes ces interprétations nous rendent-elles un « état mystique supérieur » *qui réponde exactement aux descriptions de ceux-mêmes qui l'expérimentèrent ?* Nous ne nierons pas que par une combinaison convenable des éléments purement psychologiques qui nous sont fournis on ne puisse vraisemblablement construire des états complexes dont l'extérieur ressemble assez bien aux états originaux à expliquer ; mais outre que cette chimie mentale, tout hypothétique, est presque entièrement incontrôlable, il n'est pas tellement sûr qu'un contemplatif bien authentique reconnaisse, dans les produits savamment élaborés en la cornue des psychologues, une image tant soit peu fidèle du résultat de ses expériences à lui. La synthèse d'un état original au moyen de quelques-uns de ses éléments d'analyse est toujours une opération fort chanceuse, lorsqu'elle est — comme ici — *expérimentalement invérifiable*.

Notre mystique, en tous cas, admirerait sans doute l'ingéniosité des automates pieux de M. Leuba et féliciterait leur auteur de l'art avec lequel il sut — moyennant une légère transposition — réduire à l'engrenage phénoménal les aspects les plus transcendants de leurs modèles. Voyez plutôt : Le contenu de la conscience, durant la contemplation, va se dégradant et s'affai-

(1) Voir pour l'appréciation de ce système la page 425 de ce travail, note 1.

blissant... chez l'automate, car chez Ste Thérèse, par exemple, il s'uniformise en se précisant et s'intensifiant. L'automate *s'épuise* peu à peu, jusqu'au monoïdéisme le plus indigent : solution d'une élégante simplicité, car imaginez donc la multiplicité de rouages qu'il eût fallu pour représenter un monoïdéisme par concentration, une idée qui s'enrichit de virtualités tout en se simplifiant et qui ne s'isole qu'en captant les représentations partielles éparses autour d'elle. Et puis l'automate *s'endort* dans l'aïdéisme absolu : stupéfiante imitation de l'extase ; je ne sais cependant si Ste Thérèse ou S. Jean de la Croix eussent fort goûté cette équivalence établie entre l'aïdéisme complet, l'inactivité totale de l'esprit et l'inconscience relative de l'âme toute figée dans l'intuition de Dieu. Au réveil l'automate *disserte* sur le « Rien » transcendant, dont il étiquette sa défaillance extatique ; le mystique disserte aussi, mais sur un « Rien » qui ne fut *jamais* pour lui un pur néant, sur une « Négativité » divine qui n'est qu'une affirmation plus haute, sur une « Ténèbre » plus consistante et plus lumineuse que les feux follets du phénomène. Et nous admirons l'automate de M. Leuba, parce qu'il nous paraît bien agencé et *peut-être* réalisable ; mais, de grâce, n'en faisons point un mystique chrétien...

L'interprétation de W. James et de M. H. Delacroix respecte plus scrupuleusement les données d'observation directe fournies par les mystiques eux-mêmes. De vrai, à s'en tenir à celles-ci, et à les interpréter de l'extérieur — comme tout profane est réduit à le faire — nous n'oserions point prétendre qu'il soit *impossible* de concevoir, en dépendance d'*antécédents* purement psychologiques, une somme de phénomènes *conséquents* qui présentent la plupart des caractères descriptifs de l'union mystique. Pourtant, sans quitter même le terrain étroitement expérimental, nous n'aurions pas encore tous nos apaisements sur la légitimité de cette

assimilation hypothétique. Car s'il est vrai que la subconscience peut, par son travail sourd et obscur, créer chez le mystique l'illusion de la passivité, s'il est vrai qu'elle peut élaborer en tapinois ces visions d'une esthétique supérieure, dont la soudaineté et la réalité concentrée imposent l'impression de quelque chose de surhumain et font ployer les deux genoux aux tempéraments religieux, il ne faut pas oublier que la subconscience n'opère ces effets magnifiques *que* par une *coordination plus heureuse* des éléments mêmes qui constituent la trame de notre psychologie ordinaire : la subconscience demeure *étroitement dépendante des données de la sensibilité*. Le coup d'œil génial ou l'intuition de l'artiste, si intensifiés et si épurés qu'on les suppose, ne seront jamais dégagés de toute image sensible ni de toute représentation spatiale : ils pourront *tendre vers* une *intuition strictement intellectuelle*, mais à la façon d'une variable mathématique qui se rapproche indéfiniment d'une limite inaccessible. Or le mystique prétend bien l'avoir atteinte, cette limite ; il prétend avoir expérimenté l'intuition de Dieu *sans image aucune* et *sans aucune spatialisation* ; et cette prétention il ne l'affiche pas seulement dans la chaleur de descriptions poétisées et hyperboliques, il la maintient avec énergie — le mystique chrétien du moins — lors même qu'il s'efforce de se décrire avec toute la précision d'une analyse très objective ; bien plus, il la maintient comme l'expression, non pas d'une *interprétation* évidente, mais d'un *fait* directement expérimenté.

L'*alternative* se pose donc, ou de respecter intégralement les données d'observation immédiate fournies par les mystiques, et alors de dépasser le point de vue de M. Delacroix ; ou bien d'opter pour M. Delacroix,

et de se résigner alors à récuser une partie des données susdites (1).

On conçoit que *l'une et l'autre attitude pourra se justifier* et que la seule psychologie ne suffit peut-être pas à trancher l'alternative. Nous voudrions montrer en peu de mots qu'on peut admettre *sans arbitraire* la *possibilité*, chez le mystique, d'une *intuition non spatiale*, c'est-à-dire d'une perception de présence qui ne serait qu'*analogue* au sentiment de présence étudié dans notre première partie et ne s'expliquerait pas adéquatement par les lois qui régissent celui-ci.

c) La question que nous abordons maintenant déborde le problème particulier qui l'a fait naître. Dans quelles conditions l'esprit scientifique, devant un phénomène nouveau, *impose-t-il* le choix de telle hypothèse explicative ?

Toute hypothèse explicative sur la constitution, la nature, d'un phénomène consiste dans l'équation établie provisoirement entre ce phénomène — en apparence original — et une somme de phénomènes plus simples dont on connaît les lois d'apparition : la chaleur d'un corps, par exemple, sera traitée comme une somme de forces vives moléculaires. Il arrivera que ces phénomènes partiels, plus simples, offrent une rigoureuse similitude avec tel ou tel aspect du phénomène total à expliquer, et que, de plus, la combinaison, suivant un mode déterminé, de leurs conditions individuelles de production fasse naître effectivement le phénomène total. Dans ce cas, l'hypothèse est expérimentalement *vérifiable*.

Parfois l'hypothèse ne sera pas directement véri-

(1) Remarquons que si quelqu'un, sous l'étiquette de subconscient, englobait la faculté même, pour l'intelligence, d'arriver, dans certaines circonstances, à une *intuition propre*, totalement dégagée d'éléments sensibles, nous n'aurions rien à lui objecter *ici*, puisque *nous laissons de côté la question de la cause immédiate* des états, dont nous cherchons à caractériser *la nature psychologique*.

fiable, mais on saura du moins avec certitude que les effets du phénomène à expliquer et ceux de ses substituts hypothétiques sont de même ordre : la similitude bien constatée des effets permet de conclure — hypothétiquement — à la similitude de leurs causes phénoménales ; telle, par exemple, l'explication des mouvements de la mécanique céleste par l'hypothèse soit de forces centrales, soit de tensions du milieu. La synthèse expérimentale du phénomène à expliquer n'est point possible, mais du moins elle ne supposerait qu'une amplification quantitative des combinaisons réelles directement observées. L'hypothèse dans ce cas est *scientifiquement justifiée* et ne risque point de faire méconnaître la véritable nature de l'objet à expliquer.

Mais il peut se faire aussi que non seulement l'hypothèse soit invérifiable, mais qu'elle n'ait d'autre fondement qu'une *analogie peu précise* des éléments hypothétiques et du phénomène total qu'ils sont censés représenter, si bien qu'absolument parlant ce phénomène puisse être soit une simple résultante de la combinaison des dits éléments, soit au contraire une réalité nouvelle les débordant franchement. C'est ainsi qu'il n'est point évidemment légitime de réduire, même hypothétiquement, au schéma déterministe toute l'activité *extérieure* de l'homme ; ou bien d'assimiler l'être vivant à un mécanisme physico-chimique perfectionné. Dans ce troisième cas, pour que l'adoption d'une hypothèse échappe à l'arbitraire, *d'autres principes doivent en éclairer le choix*. Supposons que cette hypothèse ne soit ni contredite, ni suggérée, ni imposée *par une science voisine*, il semble que le souci d'une sage économie des moyens d'explication justifie l'usage de la règle suivante, théoriquement admise sinon toujours pratiquée par les Scolastiques : N'expliquons pas par le *plus* ce qui peut suffisamment s'expliquer par le *moins* ; ne faisons point appel à des causalités préternaturelles

quand les causes physiques peuvent suffire à la besogne : ou bien encore : Ne soustrayons au domaine des sciences expérimentales que les phénomènes qui leur échappent *évidemment*.

Or l'état mystique supérieur n'est point susceptible d'une explication rentrant dans la première ou la seconde des catégories ci-dessus énumérées : non seulement on ne peut le reproduire expérimentalement, mais il n'est pas certain du tout que ses manifestations propres soient du même ordre que les effets des activités psychologiques ordinaires. Aussi l'hypothèse de M. Delacroix rentre-t-elle plutôt dans la troisième catégorie : elle se fonde sur des analogies partielles entre l'intuition mystique et le produit synthétique, qu'en fin psychologue il édifie mentalement au moyen de données communes. Mais ces données communes, si habilement synthétisées qu'on les suppose, sont-elles de nature à faire naître *objectivement* je ne dis pas même le fait mystique véritable, mais seulement un état qui en ait *toute* l'apparence extérieure ? Quel psychologue oserait répondre : oui, puisque l'hypothèse de M. Delacroix force à corriger et à transposer, sur un point de prime importance, ce que les mystiques chrétiens, présentent constamment comme une donnée immédiate d'observation ?

En réalité, M. Delacroix s'est laissé guider ici par un à priori méthodologique, *qui peut souvent se justifier*, je veux dire par le parti-pris de faire plier au déterminisme expérimental tout phénomène qui ne récalcitre pas obstinément. Or ce dressage du phénomène, il ne put le réaliser qu'en atténuant ce que nous serions tenté de considérer comme caractéristique de l'intuition mystique véritable, c'est-à-dire la nature *strictement intellectuelle* de son contenu. Mais — répondrait-il sans doute — l'esprit scientifique ne commandait-il point de ramener à tout prix *à des termes acceptables*

cette prétention exorbitante, qu'affichent les mystiques, d'imposer à notre créance une forme d'intuition dont l'expérience psychologique commune n'indique pas même la possibilité ? Eh bien ! soyons franc : en l'absence de toute indication fournie par des sciences voisines, et supposé que cette « intuitivité », à laquelle prétendent les mystiques, ne fût *aucunement dans le prolongement* de notre expérience psychologique, nous dirions comme M. Delacroix : *scientifiquement*, l'intuition mystique ne *peut* être qu'un produit d'élaboration subconsciente d'éléments psychologiques communs — une intuition supérieure, ne dépassant point, pourtant, le plan des *formes* et des *catégories* — à moins que, par excès de « sublimation », elle ne s'évanouisse dans l'inconscience totale... Il serait *arbitraire* et *dommageable* de l'ériger en un fait original et irréductible, totalement hétérogène aux données communes de l'expérience : pareil procédé porterait dans ses flancs la ruine de l'esprit scientifique.

d) En fait, nous nous montrons plus accueillant aux ambitions transcendantes des grands contemplatifs : c'est que les deux conditions, sous lesquelles nous accorderions une présomption de compétence à une science particulière, comme la psychologie, ne sont pleinement réalisées ni l'une ni l'autre relativement à l'état mystique supérieur. Car cet état mystique, de par ses prétentions métaphysiques et religieuses, ressortit en partie à la *philosophie* et à la *théologie* ; puis deuxièmement, dans les caractères qu'il affiche, s'il dépasse la psychologie ordinaire, il *demeure* cependant *dans le sens de certaines indications qu'elle nous fournit*.

Expliquons-nous sur ces deux points.

I. Toute *métaphysique* qui admet l'existence d'un Absolu véritable, d'un Absolu, dont l'action ne serait point totalement immergée dans le déterminisme de

nos lois expérimentales, admettra aussi la possibilité, pour cette action, de s'insérer d'une manière quelconque dans les séries contingentes, et de provoquer par là certaines réactions que les agents inférieurs, laissés à eux seuls, n'eussent point exercées. Le nier, c'est nier la contingence foncière de nos lois naturelles et ériger notre déterminisme expérimental lui-même en un intangible Absolu. A priori on ne peut donc dire qu'il soit impossible à l'esprit humain de produire, moyennant l'interférence d'une influence supérieure, un phénomène qu'il n'eût pu produire autrement : l'impossibilité n'existerait que si l'esprit devait, pour se hausser à ce mode nouveau d'activité, se nier lui-même... La métaphysique ouvre donc une *possibilité absolue* d'intuition intellectuelle.

La *théologie*, elle, n'a pas sur la nature de l'intuition mystique de tradition contraignante. On dirait, en termes de l'École, qu'alors même que les plus hauts degrés de contemplation seraient *certainement* surnaturels (en tant que *gratiae gratis datae* et non pas seulement en tant qu'actes méritoires), ils pourraient encore n'être pas surnaturels *quoad se*, dans leurs éléments constitutifs, mais seulement *quoad modum*, c'est-à-dire dans leurs circonstances de collation. Et, de la très appréciable latitude laissée par cette distinction, quelques auteurs ont usé pour formuler des hypothèses sur la nature de l'état mystique : cet état ne dépasserait pas, *de soi*, des limites de la psychologie naturelle, et *sous ce rapport* ne différerait pas *foncièrement* de l'extase non chrétienne ou purement « philosophique » (1). Qui adopterait cette position,

(1) On nous permettra de n'en citer qu'un seul, théologien bien informé doublé d'un philosophe pénétrant. En sept pages, empreintes d'une grande finesse de pensée, le R. P. de Munnynck, O. P. (*Praelectiones de Dei existentia*. Lovanii, 1904, pp. 25 à 31) esquisse une interprétation de la « contemplation mystique » : « Putamus nos — écrit-il — sed haec modeste prolata

n'aurait évidemment aucune objection *de principe* à opposer aux analyses de M. Delacroix, aussi longtemps du moins que celles-ci respectent le problème des causalités ontologiques réellement en jeu dans l'extase. Ce second problème est, à certains points de vue, plus délicat : nous ne l'avons point envisagé dans ces pages.

Pourtant, si la théologie ne se montre point ici très exigeante, il faut avouer que l'*opinion commune* de ses maîtres les plus écoutés est plutôt défavorable à l'hypothèse d'un état mystique *purement* psychologique *quoad se*, ou si l'on veut, *dans la nature de son contenu*.

La question, de ce côté, reste donc ouverte ou à peu près. .

II. Allons-nous donc conclure que l'esprit scientifique et le souci sincère du progrès de la psychologie suggèrent une position analogue à celle de M. Delacroix ? Pas encore, car la psychologie elle-même ouvre une vue très nette sur la possibilité d'une autre hypothèse, qui offre l'avantage d'utiliser *telles quelles* les descriptions de ceux qui furent, en l'occurrence, les seuls expérimentateurs, les mystiques.

volumus, hanc supremam contemplationem esse *quoad se* naturalem. » On rend ainsi un compte satisfaisant de ce « mirus consensus paganorum et christianorum » dans la description de l'état mystique : il y a une extase naturelle, accessible par les seules forces psychologiques. Mais « haec dicta volumus pro philosophis ethnicis ; atque etiam pro christianis quatenus eadem viâ ad eumdem perveniunt terminum. Verum multis in casibus haec contemplatio sanctorum, etsi, saltem partim, naturalis quoad suum esse, supernaturalis tamen videtur pronuntianda *quoad modum*, quo ad illam perveniunt. » — Pour nous, comme nous le dirons plus loin, nous admettrions volontiers, à nous fonder sur les descriptions de certains contemplatifs catholiques, qu'ils atteignent, au moins dans certains cas, à un état psychologique dont le *contenu même* est qualitativement différent du contenu de l'extase naturelle ou philosophique. Mais peut-être, au fond, notre pensée ne diffère-t-elle pas tellement de celle du R. P. de Munnynck, qui ajoute, dans un dernier paragraphe, ces lignes suggestives : « Praeterea considerandum est hanc contemplationem, naturalem quoad esse, veluti continuo progressu pertingere ad contemplationem vere supernaturalem quoad esse, a qua rigorose separari non potest. Porro auctores mystici, speciatim Germani, unà simul proponunt quae certe sunt supernaturalia et quae naturalia esse possunt... »

L'intelligence humaine — l'expérience psychologique le montre — est, à travers le phénomène, le concept et le discours, perpétuellement chassée du muable, du multiple et du déficient vers l'Absolu, vers l'Un et vers l'Infini, c'est-à-dire vers l'*Être pur et simple*. Cet *Être*, impliqué dans la finalité même de notre esprit, en est donc à la fois le ressort et le besoin, en ce sens que tout le mouvement de notre esprit n'est qu'une longue poursuite de *l'intuition*, toujours fuyante, *de cet Être*. Or, la tendance foncière d'une faculté est bien — si la notion de finalité garde un sens — le signe, à tout le moins, d'une certaine puissance latente en cette faculté. D'autre part, l'intelligence humaine, enfermée dans le cycle étroit de la donnée sensible et quantitative, n'y rencontre point, malgré tous ses efforts de synthèse et de coordination, son intuition propre. Qu'en conclure, sinon que notre intelligence — orientée dans son fond le plus intime vers une « intuition intellectuelle », s'il en fut, celle de l'Être pur — n'est donc point totalement disproportionnée à ce genre d'intuition, mais que, d'autre part, la loi actuelle de son exercice, lui imposant exclusivement des « présentations » sensibles, l'empêche radicalement d'égaler par ses actes sa tendance profonde ? L'antinomie de cette aptitude fondamentale, de ce « desiderium naturale » (1), et des restrictions insurmontables que lui oppose l'intellection « in phantasmate », ne peut être levée que par l'intervention d'un pouvoir extérieur, capable d'écarter ces restrictions en présentant *directement* à l'intelligence son véritable objet, l'Être. C'est la solution finale que propose la religion chrétienne, en assignant comme terme à l'action de l'homme, aidée de la grâce, la *vision même de Dieu*.

Revenons aux mystiques.

L'activité mystique, aussi longtemps qu'elle ne se

(1) S. Thomas, *Summa c. Gentes*, lib. III, ch. 50. Voir aussi les chapitres voisins.

dérobe point à nos analyses, apparaît comme une *unification* du contenu de la conscience, par organisation puis par négation des déterminations particulières. C'est une convergence intense de tous les éléments de l'esprit vers *l'Absolu*, considéré non plus comme principe extrinsèque de coordination d'un éparpillement de réalités finies, mais appréhendé comme l'Unique Subsistant dans lequel reflue la réalité de toutes les subsistances contingentes. Ce travail préparatoire de coordination et d'intense unification laisse suivre assez loin ses lignes convergentes et n'échappe point, de droit, au psychologue ; mais *le point même de convergence* se dérobe à tout examen profane. Intuition nouvelle ? Aïdéisme ? Le pouvoir propre de l'intellect humain s'évanouit au point critique où le dernier support spatial vient à fléchir. Mais le mystique atteint-il ce point critique ? Ne garde-t-il pas de la multiplicité spatiale au moins le minimum strictement requis pour étoffer et objectiver un concept d'*être*, le plus épuré qui soit ? A prendre les descriptions mystiques chrétiennes à la lettre, non. Alors tout le splendide édifice, élevé durant les phases préparatoires de l'état d'union, s'effondre dans l'inconscience absolue ? Oui, si l'esprit est laissé à ses propres forces (1) — et à supposer d'ailleurs qu'en

(1) Nous sommes très loin de prétendre que cette *inconscience extatique*, à laquelle aboutirait le suprême effort de la mystique purement naturelle (voir ce que nous avons dit plus haut de la *mystique néo-platonicienne* et en général des *mystiques non chrétiennes)* soit dénuée de toute valeur morale et religieuse. Au contraire, grâce aux efforts qui l'ont amenée et à la « pacification » dont elle s'accompagne, elle *peut* réaliser avec une certaine plénitude la « polarisation affective » du mécanisme psychologique : cette extase *peut* donc être bienfaisante par ses contre-coups, mais elle n'enrichit pas la connaissance, du moins pas directement. Ne se rencontre-t-elle point aussi chez *certains* mystiques chrétiens ? Pourquoi pas ?

Nous avons signalé plus haut (p. 414), sans l'apprécier, une théorie de M. Recéjac. En réalité, c'est une théorie psychologique et philosophique de la mystique *naturelle* ; et, à condition d'élargir le sens qu'y prend le mot « volonté », nous la jugerions acceptable *dans ses grandes lignes*. Seulement, qu'on se rende bien compte de la nature du terme ultime où elle fait aboutir le contemplatif. Conçoit-on, surnageant seule, une *intuition pure* de la *tendance foncière* du Moi vers l'Absolu ? Cette tendance, il est bien vrai que

pareille hypothèse le « splendide édifice » ait pu s'élever jusqu'aussi près du faîte. Non, si Dieu, comme le veulent les mystiques, se présente alors lui-même à l'âme et, l'affranchissant des limitations de la connaissance ordinaire, éveille en elle, fût-ce obscurément, cette *intuition de l'Être*, qui, tout inaccessible qu'elle soit à l'effort de la seule intelligence, en prolonge pourtant le mouvement naturel.

De sorte que, jusque dans l'ambiance surnaturelle du plus haut degré de contemplation, nous retrouvons, comme facteur psychologique d'une *intuition supérieure*, qui n'est plus guère qu'analogiquement une « présence », *la même activité fondamentale de l'esprit* à laquelle nous avons dû faire appel précédemment pour expliquer les affirmations de réalité et de présence spatiale. L'esprit, en marche vers son unité, avait affirmé les réalités partielles dans la mesure où leur multiplicité, se laissant réduire par synthèse, le rapprochait ainsi de l'Être un et unique vers lequel il tendait. Sera-t-il donc déraisonnable et peu « scientifique » de supposer qu'au cours de l'extase l'esprit humain touche un instant le but qui provoque et oriente toutes ses démarches ? Nous jugeons l'hypothèse *psychologiquement* acceptable. Et c'était jadis l'avis de S. Thomas d'Aquin, dont nous n'avons guère fait que résumer la doctrine (1).

tout le travail mystique préparatoire de concentration et d'épuration tend à la dégager de plus en plus de la matière sensible où elle est immergée ; mais, au terme, toute matière sensible se dérobant, par hypothèse, sans qu'une présentation supra-sensible vienne y substituer un aliment nouveau, comment la *tendance* — forme pure — demeurerait-elle perceptible ? L'extase naturelle, ainsi produite, ne saurait être consciente ni lumineuse : c'est un état d'*inconscience* (M. Recéjac ne recule pas devant le mot), mais d'*inconscience polarisée*, si l'on peut dire.

(1) Telle qu'elle nous paraît ressortir de la comparaison des « Quaestiones disputatae. De Veritate. Qu. X, art. 11 » avec la « Summa contra Gentes » Lib. III, et avec d'autres passages. Cf. ci-dessus, p. 248.

J. M., S. J.

L'ENSEIGNEMENT AU JAPON

Les événements qui se déroulent en Extrême-Orient achèvent de mettre en pleine lumière l'importance des transformations accomplies dans l'Empire du Soleil-Levant. Le Japon est, à l'heure actuelle, un sujet d'étonnement pour toute l'Europe, étonnement bien naturel, d'ailleurs, car on se trouve en présence d'un phénomène extraordinaire et c'est en vain qu'on chercherait un précédent, ou même quelque chose d'approchant, dans les annales de l'histoire universelle. Le phénomène est encore plus surprenant pour le sociologue que pour l'économiste et le diplomate, tant il semble contredire les lois les plus élémentaires de l'évolution des peuples. Nous voyons, en effet, un peuple abandonner brutalement, d'un seul coup, des coutumes quatorze fois séculaires, le régime féodal le plus intense, pour leur substituer la plus raffinée des civilisations, et remplacer un régime de despotisme théocratique par une monarchie constitutionnelle.

Des écrivains éminents ont cherché à établir à maintes reprises les causes de cette transformation foudroyante. Nous-même, nous avons tenté de mettre en lumière les changements réalisés dans le domaine politique (1). Mais il nous semble qu'on a donné dans tous ces travaux, si complets sous bien des rapports, une trop petite place à l'instrument primordial de cette rénovation. La plupart des auteurs qui ont écrit sur le

(1) Th. Gollier, *Essai sur les Institutions politiques du Japon* (Bibliothèque de l'École des sciences politiques et sociales de l'Université de Louvain). Bruxelles, Goemare, 1904.

Japon n'ont fait qu'effleurer, comme en passant, la question de l'enseignement public. Or c'est là, selon nous, que réside, en grande partie, l'explication du phénomène.

On admet qu'au point de vue militaire le Japon peut aspirer à se voir classer parmi les grandes puissances; on admire le développement rapide qu'ont pris chez lui le commerce et l'industrie ; mais on apprécie moins les progrès réalisés dans l'enseignement. On sait que son trafic s'élève à plus de deux milliards de francs, mais on ignore qu'il compte près de vingt-neuf mille écoles, avec un personnel enseignant de quatre-vingt-dix mille membres et une population de quatre millions cent quatre-vingt mille élèves.

Les Japonais ont très bien compris qu'à une certaine constitution mentale, chez un peuple, correspond naturellement une certaine civilisation. Veut-on modifier, améliorer cette civilisation, la tâche ne sera possible qu'à la condition de modifier, d'améliorer cette constitution mentale. On a dit que c'est l'instituteur allemand qui a gagné la bataille de Sadowa et vaincu en 1870. L'instituteur japonais a fait plus : il a fait sa patrie telle qu'elle est aujourd'hui ; il a été l'agent modeste, mais tout-puissant, des innombrables progrès réalisés par le Japon dans le domaine économique comme dans le domaine intellectuel.

Nous nous proposons, dans les pages qui vont suivre, d'étudier l'organisation de l'enseignement au Japon. Outre les renseignements que nous avons puisés sur les lieux mêmes, les documents nécessaires à cette étude nous ont été fournis par un savant professeur de la faculté de philosophie de l'Université de Tokio, dont la modestie nous empêche de citer le nom, mais que nous nous faisons un devoir de remercier (1).

(1) On lira avec intérêt, sur le même sujet : *L'évolution de l'éducation au Japon*, par le Cte Vay de Vaya, dans la REVUE DES DEUX MONDES, 1 juin 1909. — *The educational System of Japan*, par M. W. Sharp, Bombay, THE GOVERN-

I

Avant la révolution de 1868, l'enseignement au Japon était donné dans les écoles que les daïmios avaient fondées, de leurs propres deniers, pour leurs enfants et ceux de leurs vassaux. Outre ces han-gakko (1), ou écoles des clans, il y avait, près des couvents bouddhistes, des écoles libres, ou terakoya, fréquentées exclusivement par les enfants du peuple. Cependant, en règle générale, l'enseignement était chose réservée aux nobles. On considérait l'instruction comme l'apanage des hautes classes : les auteurs du Rescrit organique de 1872 ont reconnu ce fait : « Depuis nombre d'années, écrivent-ils, les écoles existent ; l'ignorance a néanmoins persisté chez le peuple, qui ne se rend pas compte de l'importance et de la nécessité de s'instruire, et est faussement convaincu que l'instruction est l'apanage des classes élevées. Jusqu'ici bien peu de laboureurs, d'artisans, de marchands, envoient leurs fils à l'école, et encore moins leurs filles. »

L'enseignement donné dans les han-gakko et les terakoya était très rudimentaire. On apprenait aux enfants des daïmios, comme à ceux des artisans, la lecture, l'écriture, quelques notions de morale ; c'était tout. « Le ténaraï, c'est-à-dire la lecture et l'écriture

MENT CENTRAL PRESS, 1906. — *Aperçu général de l'éducation au Japon par la Société impériale d'éducation*. Tokio, 1905. — *L'Œuvre pédagogique des Marianistes français au Japon*, par l'abbé Lebon, dans le BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ FRANCO-JAPONAISE DE PARIS, n° XI, 1908. — *Thirty-Second annual report of the Minister of state for education*. Tokyo, 1906. — Voir également le chapitre consacré à l'éducation dans les deux ouvrages de MM. Dumolard, *Le Japon*, pp. 192-220, Paris, Colin, 1904, et Weulersee, *Le Japon d'aujourd'hui*, pp. 186-227, Paris, Colin, 1905.

(1) Nous avons adopté, pour tous les mots japonais, l'orthographe suivie par les Japonais dans les livres qu'ils publient en langue étrangère. L'*u* se prononce *ou* ; le *g*, *gne* ; le *j*, *dji* ; le *ch*, *tch*. Tous les noms japonais restent invariables au pluriel.

des caractères idéographiques, était la base d'où l'instruction s'élevait à l'art de la narration : l'instituteur faisait apprendre quelques textes de morale et un peu de géographie japonaise : il enseignait les éléments du chinois classique et du calcul. De temps en temps, on développait les règles de la morale et de la civilité (1). »

Les bonzes furent pendant des siècles les éducateurs exclusifs du peuple japonais. Leurs leçons étaient gratuites ; leur unique rémunération consistait dans les offrandes volontaires des élèves, particulièrement à la nouvelle année et à la fête du Bon (bon-matsuri du 15e jour du 7e mois). Grâce à ce régime, l'influence bouddhiste pénétra toute la société. Les ouvrages de philosophie bouddhiste furent classiques pendant plus de dix siècles. Deux d'entre eux surtout, le Jitsugo-kyo (enseignement des paroles de la vérité) et le Doji-kyo, servirent de livres de lecture et de traités de morale du VIIIe au XVIIe siècle. S'ils disparaissaient aujourd'hui, on pourrait en rétablir le texte presque entièrement, parce que toutes les sentences qu'ils renferment sont passées à l'état de proverbes. Leur contenu constituait la base de l'enseignement, son fond indestructible et intangible (2). A titre de curiosité, voici quelques passages de ces deux traités :

« Les richesses sont des joyaux temporaires qui s'évanouissent à la mort : mais la sagesse est un trésor éternel qui nous accompagne au delà de la vie.

» Que vos pères et mères soient pour vous comme le ciel et la terre ; vos professeurs et seigneur, comme le soleil et la lune ; les parents, comme des roseaux ; les époux, comme des tuiles. Donc envers vos parents, piété filiale ; envers vos maîtres et le seigneur, obéissance et fidélité... Ne vous querellez pas avec vos amis ;

(1) *Notice sur l'organisation actuelle de l'Instruction publique au Japon* (publiée pour l'exposition de 1900), p. 22.

(2) MÉLANGES JAPONAIS, n° 15, juillet 1907, pp. 364-379. Tokyo, Sansaisha.

respectez et honorez vos aînés, soyez affables envers les plus jeunes. Respectez toutes les personnes âgées, comme vos propres parents ; aimez les jeunes comme vos enfants ou vos frères. Si nous respectons les autres, ils en agiront de même envers nous, et si nous honorons leurs parents, ils honoreront les nôtres. Si vous désirez vous élever dans le monde, laissez d'abord les autres jouir de leur part. Quand vous voyez le bien, hâtez-vous vers lui ; fuyez quand vous voyez le mal. Le bonheur suit une bonne action aussi sûrement que l'écho suit le son ; et, de même que chaque corps emporte son ombre, l'homme vicieux est maudit et voué au malheur. La bouche est la porte du malheur ; la langue est la racine de l'infortune. Si la bouche était faite comme le nez, l'homme n'aurait aucune affliction de toute sa vie.

» Quand une parole irréfléchie a été une fois lancée, un attelage de quatre chevaux peut se mettre à sa poursuite : il ne la ramènera pas. Un défaut dans une perle blanche peut être enlevé ; le mal produit par une parole mauvaise ne se répare pas. Le malheur et la prospérité n'ont pas de porte ; ils ne sont que là où l'homme les invite lui-même. Pour les maux que nous envoie le Ciel, il y a une délivrance ; on ne peut échapper aux maux que nous causons nous-mêmes.

» Dans une maison où il y a abondance de vertus, il y a aussi surabondance de joies ; tandis que là où le vice est aimé, il y a sûrement de nombreux malheurs. Si un homme est bon en secret, il sera récompensé en public ; s'il fait le bien dans l'ombre, son nom brillera au grand jour.

» Devant la porte de celui qui est fort et ferme dans sa foi, les nuages de l'adversité ne s'élèvent pas ; pour la maison de celui qui est courageux et fervent dans la prière, la lune de bénédiction augmente sa clarté. »

A l'avènement des Tokugawa, au XVIIe siècle, le

bouddhisme dut céder la place au confucianisme. Philosophie positiviste plutôt que religion, les doctrines du prétendu grand sage de la Chine ne tardèrent pas à faire des progrès remarquables. L'enseignement, de bouddhiste qu'il était, devint confucianiste. Le Jitsugo-kyo et le Doji-kyo furent remplacés par le Shingaku-dowa et le Kyü-dowa. Les confucianistes modelèrent les générations à leur image, comme les bouddhistes l'avaient fait avant eux. Tout leur enseignement moral se trouve résumé dans ce passage du livre des Cent lois du Shogun Gezase :

« Chaque sujet doit être prêt à épuiser pour l'Empereur ses forces, son intelligence et ses biens ; chaque enfant pour ses parents ; chaque élève pour ses maîtres ; car à l'Empereur il doit la nourriture, à ses parents l'existence, à ses maîtres l'instruction, et la vie n'est pas possible sans ces trois bienfaits. »

Malgré les lois et les décrets du Shogun défendant toute relation avec les Européens, la civilisation occidentale avait pu pénétrer au Japon dans les dernières années du XVIIIe siècle. Les Hollandais avaient établi des écoles à Nagasaki, et, par eux, les Japonais étaient mis au courant des grands événements dont l'Europe était le théâtre. On traduisait avec ardeur les dictionnaires, les ouvrages d'histoire et de sciences naturelles. Sugita, le grand naturaliste japonais, faisait passer dans sa langue les ouvrages d'anatomie et de physiologie que les Hollandais lui avaient apportés, et dotait son pays du système de Linné.

Il raconte dans ses Mémoires comment ses contemporains s'y prenaient pour traduire les ouvrages hollandais. « Nous ne connaissions alors, dit-il, aucun de ces termes auxiliaires : *De, het, als, welke*, et bien que nous comprissions quelques mots, nous n'arrivions que difficilement au sens des phrases. Il nous fallut tout un jour de printemps pour traduire cette petite phrase :

« On appelle sourcil le poil qui pousse un peu au-dessus des yeux »... Un jour, en lisant le chapitre qui traitait du nez, nous vîmes que c'était une chose *verheven*. Aussitôt, nous parcourûmes la liste des mots que Ristaku avait réunis et nous vîmes : « Verheven, le tronc de l'arbre après qu'une branche est coupée — le jardin quand on l'a balayé et qu'on a mis la poussière en tas. » Alors je réfléchis que, si l'on coupe une branche, la plaie du tronc se guérit peu à peu et forme une élévation ; mais, pensai-je, la poussière entassée en forme une autre... et le nez !... j'avais trouvé le sens du mot « verheven ». Rien ne vous dira ma joie. C'est comme si j'avais reçu un château plein de pierres précieuses. »

Le XVIIIe siècle fut pour le Japon un siècle de renaissance scientifique. Le goût des sciences devint général et l'on vit partout se fonder de nombreuses écoles publiques et privées. Une bonne partie de la population fréquentait ces écoles où enseignaient des professeurs dont les noms sont encore cités aujourd'hui avec orgueil.

Au milieu du XIXe siècle, des Japonais éclairés fondèrent à Tokyo le collège du Keio Guidjikou. Ce collège, célèbre dans l'histoire de l'enseignement japonais, fut dirigé par l'illustre pédagogue Foukouzawa qui vit passer par ses mains plus de dix mille élèves. La plupart des hommes d'État, pour ne pas dire tous les Japonais qui comptent aujourd'hui, sont sortis de cet établissement, où, à l'origine, les étudiants apprenaient les sciences occidentales au péril de leur vie (1). Chamberlain a tracé ce portrait du grand éducateur japonais : « Écrivain d'une admirable clarté, directeur d'un journal très répandu, ne perdant jamais de vue les nécessités du moment, hier partisan du

(1) *An appeal for an endowment fund for the Keio Gidjiku*, p. 7, Tokyo, 1897.

christianisme parce que son adoption devait gagner au Japon la bonne volonté des nations occidentales, aujourd'hui tout en faveur du bouddhisme parce que ses doctrines peuvent se concilier avec les idées de progrès et d'évolution ; tour à tour favorable ou hostile aux étrangers ; chercheur intelligent, exagéré parfois, cet éminent éducateur, qui aurait dû être ministre de l'Instruction publique et qui a toujours fui les honneurs, est le père intellectuel de la moitié des hommes qui sont maintenant à la tête des affaires du pays (1). »

La révolution de Meji (1868) ouvrit le Japon à la culture occidentale. Les Japonais se rendirent vite compte que leur politique d'isolement était devenue impossible, qu'elle constituait un anachronisme et qu'ils étaient dans l'alternative, ou de rester une nation de second ordre, à la merci de tous les appétits, ou de devenir les égaux des Européens. Leur orgueil ne pouvait hésiter : ils se résignèrent à tous les sacrifices, et l'on vit se renouveler le spectacle de la fameuse nuit du 4 août 1789. Pour faciliter la tâche du gouvernement, les 273 nobles feudataires abandonnèrent dans les mains du Mikado leurs domaines et leurs prérogatives.

On emprunta aux nations européennes leurs inventions, leurs découvertes, certaines de leurs institutions, en même temps qu'on appela des savants distingués, ingénieurs, professeurs, médecins et jurisconsultes. Les écoles furent transformées ; on demanda à l'Europe l'organisation scolaire et les programmes d'un enseignement nouveau. En 1871, le ministère de l'Instruction publique était créé, et l'engouement pour les sciences devint bientôt général. Le Rescrit impérial de 1872 y encourageait en proclamant que « la science

(1) Basil Hall Chamberlain, *Things japanese*, p. 124.

est nécessaire à tous pour le perfectionnement moral et matériel et pour l'amélioration des conditions d'existence, et l'ignorance est la source de toutes les misères qui désolent la société. L'acquisition de la science et la culture des talents sont indispensables au succès dans la vie. Par l'éducation, les hommes apprennent à acquérir des richesses, à pratiquer les professions savantes, à exercer les fonctions publiques, à se passer enfin de l'aide des autres hommes... »

II

L'enseignement primaire a été l'objet de très nombreuses dispositions, dont les dernières datent de 1890.

Il est *obligatoire* comme en Allemagne et en France. « Notre dessein, dit le Rescrit de 1872, est que, désormais, l'instruction ne soit plus restreinte à quelques-uns, mais qu'elle soit répandue à ce point qu'il n'y ait plus dans aucun village une seule famille ignorante, dans aucune famille un seul membre ignorant. Le savoir ne doit plus être considéré comme l'apanage des classes supérieures, mais comme l'héritage commun dont doivent recevoir une part égale nobles et chevaliers, cultivateurs et artisans, hommes et femmes. »

Les enfants doivent être présentés à l'école de six ans à quatorze ans accomplis. Toute personne qui a charge d'un enfant d'âge scolaire doit le faire instruire pendant cette période. L'obligation naît dès le premier jour de l'année scolaire commençant au cours de l'année civile où l'enfant atteint l'âge scolaire. La loi détermine l'école que l'enfant doit fréquenter : ce sera, soit l'école primaire de la ville ou de la commune, soit une école particulière. Si le tuteur désire faire inscrire l'enfant ailleurs ou dans sa famille, il doit en demander l'autorisation au maire.

Comme dans la plupart des pays continentaux, c'est la commune qui entretient l'école : chaque ville ou commune est obligée de créer des écoles primaires en nombre suffisant pour recevoir tous les enfants d'âge scolaire. Toutefois, quand une commune ne possède pas les ressources nécessaires, le sous-préfet peut la grouper avec d'autres, et lui-même fixe le nombre des écoles primaires à créer pour l'ensemble. De même, si le nombre des enfants d'âge scolaire d'une commune est trop faible pour permettre d'y organiser une école, ou, le nombre des enfants étant assez élevé, si les distances ou les difficultés de communication sont un obstacle à cette organisation, le sous-préfet peut encore réunir cette commune aux voisines et former ainsi un groupement, une union scolaire, qui doit fonder les écoles nécessaires.

Cependant, au principe qui veut que ce soit la commune qui pourvoit à l'entretien de ses écoles, il est certaines exceptions bien naturelles. Ainsi, quand le sous-préfet estime que les ressources d'une union scolaire ne sont pas suffisantes pour lui permettre d'avoir une école primaire convenable, la loi l'autorise à parer à cette éventualité au moyen des ressources affectées à l'arrondissement, après avoir pris l'avis du conseil d'arrondissement et demandé des instructions au préfet. Si les finances d'un arrondissement ne lui permettent pas de prendre à sa charge les subventions en question, on a recours aux ressources du département.

L'enseignement primaire *n'est pas gratuit*, mais la contribution scolaire est faible et la loi permet qu'on la remplace par des fournitures en nature ou des prestations de main-d'œuvre, suivant la coutume suivie jadis pour la tera-koya.

La loi fixe le but et le programme de l'enseignement. « Les écoles primaires, dit l'article 1er de la loi de 1890, sont fondées dans le but de donner aux enfants une

éducation à la fois morale et patriotique, de leur enseigner les connaissances générales qui doivent leur être le plus utiles dans la vie, et de veiller soigneusement à leur développement physique. »

Les études primaires comprennent des cours ordinaires et des cours supérieurs. Au programme des cours ordinaires sont inscrits : la morale, la lecture, la composition, les caractères idéographiques, le calcul et la gymnastique. On peut y ajouter une ou plusieurs des matières suivantes : la géographie et l'histoire du Japon, le dessin, le chant, le travail manuel ou, pour les filles, la couture.

Le programme des cours supérieurs comprend : la morale, la lecture, la composition, les caractères idéographiques, le calcul, la géographie des pays étrangers, la physique, le dessin, le chant, la gymnastique ; pour les filles, on y ajoute la couture. La géographie des pays étrangers et le chant sont facultatifs dans certaines localités. On peut ajouter à ce programme une ou plusieurs des branches suivantes : la géométrie élémentaire, les langues étrangères, l'agriculture, le commerce, le travail manuel. Dans maintes écoles, les cours ordinaires et les cours supérieurs sont donnés concurremment. Dans les écoles supérieures, on fait très fréquemment des cours spéciaux d'agriculture, de commerce ou d'arts et métiers. La durée normale des cours primaires est de trois ou quatre ans suivant les localités.

L'enseignement primaire est *libre*. Tout particulier peut fonder une école, après avoir obtenu l'autorisation du préfet. Les conditions à remplir pour l'obtention de cette autorisation sont analogues à celles que requiert la législation allemande ; toutefois, il faut y ajouter la nécessité de verser les fonds suffisants pour l'entretien de l'école.

Comme la Belgique, le Japon connaît le *système*

d'adoption. S'il existe, dans une ville, des écoles primaires privées, le préfet peut différer l'établissement d'écoles aux frais de la ville et considérer ces écoles privées comme en tenant lieu.

L'enseignement primaire est *laïc*. « Comme il est essentiel, au point de vue de l'administration de l'enseignement, que l'éducation générale soit indépendante de la religion, l'instruction religieuse ne doit pas être donnée, aucune cérémonie religieuse ne doit être célébrée dans les écoles du gouvernement, ni dans les écoles publiques, ni dans les écoles dont les programmes sont soumis au contrôle officiel, même en dehors du cours régulier de l'enseignement. » La morale enseignée à l'école primaire est donc une morale laïque. Le Rescrit impérial en formule les grands principes : il ordonne aux instituteurs de « développer la conscience des enfants, de les former à la vertu, de leur faire connaître les devoirs pratiques de la morale naturelle. »

Pour le gouvernement japonais, comme d'ailleurs pour tous les Japonais, en général, la morale se confond avec le patriotisme. Aimer l'Empereur, voilà l'essence de la morale japonaise. « Vous, Nos sujets bien-aimés, dit le Rescrit de 1890, soyez des fils dévoués, des frères affectueux, des maris et des femmes aimants, des amis fidèles. Conduisez-vous avec modestie et soyez bons pour tous. Développez vos facultés intellectuelles : parfaites votre force morale en amassant des connaissances et en acquérant une profession.

» Travaillez aussi pour l'intérêt général et dévouez-vous aux affaires publiques. Respectez la constitution nationale, obéissez aux lois du pays et, en cas de nécessité, de tout cœur, sacrifiez-vous au bien commun.

» Offrez ainsi plein soutien à Notre Dynastie Impériale, éternelle comme l'Univers. Alors, vous ne serez pas seulement Nos très loyaux sujets, mais vous serez

capables de manifester le noble caractère de vos ancêtres.

» Tel est le testament à nous laissé par nos ancêtres, qui doit être observé par leurs descendants et leurs sujets. Ces principes sont parfaits pour tous les siècles et d'une application universelle. C'est notre désir de les porter dans notre cœur en commun avec vous, Nos sujets, afin que nous puissions à jamais posséder ces vertus. »

En fait, l'enseignement japonais est loin d'être laïc, mais la religion qui y est enseignée est celle de la patrie et de l'Empereur.

« Aujourd'hui, dit un chant d'école primaire, c'est le 3 du 11e mois, c'est la fête de Sa Majesté. C'est le jour où a daigné naître notre Empereur : il n'y en a pas de plus beau, c'est un jour de bonheur! Sa Majesté l'Empereur est le vénéré maître de notre pays, le chef de notre grande famille : c'est un père ! Il faut que nous travaillions pour Sa Majesté l'Empereur comme pour un père ! »

Pourquoi les Japonais auraient-ils besoin d'une autre religion, d'une morale plus précise, puisqu'ils sont — du moins ils l'affirment — d'une essence supérieure à celle du reste de l'humanité ? — Nous lisons dans un livre employé dans toutes les écoles primaires : « Notre grand Nippon, gouverné par son sage Empereur, est supérieur à tous les pays du monde... Dans les pays étrangers, des prophètes sont venus prêcher la morale aux hommes, et les hommes y sont restés cruels et pareils à des fauves. Au Japon, il n'y a pas eu de prophètes ; mais le peuple est doux parce que notre sol et notre climat prédisposent naturellement les hommes à la bonté. »

On conçoit facilement le résultat d'un pareil enseignement. Il a inspiré aux nouvelles générations ces sentiments d'orgueil et cette haine de l'étranger qu'on

a si souvent mis en lumière. Tous les maîtres d'école prêchent le chauvinisme le plus échevelé.

Le danger de cet état de choses a été signalé par nombre de Japonais éclairés, et certains hommes d'État du Nippon ont fait des efforts louables pour ouvrir les yeux à leurs compatriotes. Le comte Okuma, notamment, n'a pas hésité à répondre à un journaliste qui lui demandait son avis sur cet état de choses : « Tous ceux dont le mot d'ordre est progrès se trouvent arrêtés par l'esprit rétrograde des éducateurs. Il n'est malheureusement pas douteux, en effet, que la plupart des maîtres d'école sont chauvins et anti-étrangers ; aussi, lorsque les gamins des écoles insultent les étrangers, ne font-ils qu'exprimer les sentiments de leurs maîtres. Quant à cet état d'esprit des instituteurs, il faut en rechercher la cause directe dans les enseignements qu'ils ont reçus dans les écoles normales, dirigées par des maîtres inféodés à la vieille culture chinoise, qui parlent beaucoup des Cinq Vertus, mais ne donnent guère l'exemple de leur efficacité ni de leur beauté. Sans doute, la contradiction entre les prétentions élevées et la conduite réelle des hommes se rencontre partout, mais elle n'est nulle part marquée aussi fortement qu'en Chine où l'on voit de sublimes principes politiques qui ne sont jamais appliqués. Or, ce sentiment anti-étranger, le Japon le tient de la Chine. C'est dans le vieux système d'éducation, basé sur l'admiration des modèles chinois, que nos enfants puisent ces sentiments étroits et bornés qui leur font croire à leur supériorité sur les étrangers. On confine trop la jeunesse dans l'étude de l'histoire de la Chine et du Japon, en lui laissant ignorer les grands faits de l'Occident. Il faut absolument étendre le champ des études de ce côté ; les jeunes gens y gagneront une largeur de vues qui leur fera comprendre l'utilité de la tolérance envers tous les membres, quels qu'ils soient, de la grande famille humaine. »

Un autre point faible de l'enseignement primaire au Japon, c'est la modicité incroyable des traitements des instituteurs et institutrices. En fait, les instituteurs japonais sont de véritables prolétaires. Le traitement misérable qui leur est alloué pouvait, à l'origine, les aider à se sustenter tant bien que mal, mais depuis quelques années le coût de la vie a considérablement augmenté et leur misère, aujourd'hui, est profonde. La conséquence de cette modicité des traitements est d'éloigner les jeunes Japonais de la carrière de l'enseignement. Le gouvernement ne trouve qu'avec la plus grande peine les instituteurs et institutrices dont il a besoin.

Une autre difficulté que rencontre l'enseignement primaire au Japon, c'est la question des langues.

La langue japonaise, quoi qu'en pense généralement le vulgaire, n'est nullement apparentée au chinois. Elle en diffère essentiellement, et par sa structure et par sa syntaxe. Tandis que la première est une langue monosyllabique, la seconde est agglutinative. Cette erreur, qui a été pendant longtemps une opinion courante, s'explique par le fait que la langue japonaise renferme un grand nombre de mots chinois. Cet élément étranger est même tellement considérable qu'on peut dire que la langue usuelle résulte d'un mélange *sui generis* de deux idiomes : la vieille langue du peuple japonais, le yamatokotoba, et le chinois.

Lorsque les Japonais entrèrent en contact avec les Chinois, au IVe siècle, ils adoptèrent, en même temps que l'écriture, nombre de mots usités dans l'Empire du Milieu. Même aujourd'hui, le Japonais a recours à la langue chinoise pour nommer les choses nouvelles et traduire la plupart des idées abstraites. Ainsi, ce sont des vocables chinois qui leur servent à traduire nos mots : bicyclette, télégramme, démocratie, socialisme, sélection naturelle, télégraphie sans fil, etc. L'européa-

nisation produit donc ce résultat très curieux de rendre la langue japonaise de plus en plus tributaire de la langue chinoise (1).

Toutefois, chose remarquable, ces deux idiomes, chinois et japonais, ne se sont nullement fusionnés pour former un tout. Ils sont restés, malgré un emploi séculaire, nettement distincts, de sorte que la langue japonaise d'aujourd'hui se présente comme une véritable mosaïque, contrairement à nos langues européennes qui, provenant également du mélange d'éléments divers, se sont, au cours des siècles, complètement unifiées.

L'écriture chinoise, on le sait, est une écriture idéographique : chaque mot y est exprimé par un signe particulier, qui, à l'origine, devait présenter un aspect pictographique ou hiéroglyphique.

Mais si les Japonais pouvaient adopter les caractères chinois, il n'était pas en leur pouvoir d'en conserver la prononciation. Ils éliminèrent forcément les sons gutturaux et nasaux, ainsi que toutes les intonations propres à leurs voisins. En outre, ils cessèrent de distinguer, par une prononciation particulière, les mots génériques, et obtinrent ainsi un nombre surprenant d'homonymes dont le contexte seul permet de déterminer la véritable signification. Dans d'autres cas, ils se contentèrent d'employer purement et simplement les caractères chinois en les traduisant par le mot équivalent de leur langue. Parfois aussi, ils conservèrent et le caractère et sa prononciation, mais, en même temps, ou plutôt parallèlement, ils le prononcèrent d'après leur propre langue, en sorte que certains signes ont trois prononciations différentes. L'idiome japonais n'est donc rien moins que pur. On pourrait l'appeler, avec raison, un idiome sino-japonais.

(1) Lange, *Text Book of Colloquial Japanese*. p. x. Tokyo, 1903.

Les Nippons ont donné à l'usage des mots chinois prononcés à la japonaise le nom de Kango. La prononciation classique porte celui de Kan-on, du nom de la dynastie qui régna dans le nord de la Chine, du IIe siècle avant J.-C. au IIIe siècle de l'ère chrétienne. Une autre prononciation, le Go-on, est usitée spécialement pour les mots d'origine bouddhiste. Enfin, on a encore, bien que beaucoup moins important, le To-on, pour les caractères d'origine plus moderne. Ainsi, le caractère qui signifie homme, se lit en chinois jin ou nin suivant qu'on le prononce d'après le Kan-on ou le Go-on ; en japonais, il se prononce hito. Et encore, ces trois mots ne peuvent-ils pas être employés indifféremment l'un pour l'autre : on dira, par exemple, jinriki-sha pour désigner un coolie, et hito lorsqu'il s'agit d'une personne quelconque. Tout cela explique cette particularité, assez surprenante en apparence : il est parfois impossible à un Chinois de comprendre oralement un Japonais, et réciproquement, mais s'ils ont recours à l'écriture, toute difficulté disparaît.

Très heureusement pour les générations futures, les Japonais, dans la suite, eurent l'idée d'attribuer à certains caractères idéographiques qu'ils avaient empruntés aux Chinois, une valeur phonétique. Parallèlement donc à leur premier système d'écriture, les Japonais, au VIIIe ou au IXe siècle, en employèrent un second appelé Kana, beaucoup plus commode, bien qu'en dérivant essentiellement, car il se compose des caractères chinois les plus communément employés. Ce nouveau système d'écriture est syllabique. Les Japonais n'ont donc pas d'alphabet, à proprement parler, mais un syllabaire.

Il existe deux modes d'arrangement de ce syllabaire. Le premier est le iroha, ainsi appelé du nom des trois premières syllabes qui composent un vers le renfermant entièrement et arrangé de manière à ce que la

même lettre ne soit pas répétée deux fois. A chacun des quarante-sept sons purs du syllabaire japonais correspond un caractère idéographique. L'ensemble des caractères, ou l'écriture japonaise si l'on veut, porte le nom de *kana*, de *na* nom et de *kari*, emprunté.

Il existe deux variétés de l'écriture kana : le kata-kana, ainsi appelé parce que les caractères qui le composent sont des fragments de caractères chinois (kata signifiant côté) et le hira-gana constitué par les formes cursives de ces mêmes caractères. L'invention de la première variété est attribuée à un lettré japonais mort en 776, Kibi-no-mabi, et celle de la seconde à un théologien bouddhiste, Kobo-Daishi, qui vécut au IXe siècle.

Le hira-gana est le mode le plus communément employé : il est beaucoup plus facile que le premier : c'est l'écriture vulgaire par excellence. Toutefois, il existe très peu de livres écrits uniquement avec les caractères hira-gana. En règle générale, les auteurs japonais emploient parallèlement les deux modes d'écriture.

En principe, les caractères chinois sont employés pour exprimer les idées principales, les substantifs et les radicaux des verbes, tandis que les particules et les terminaisons sont rendues suivant le système kana. Dans certains cas même, il n'est pas nécessaire de connaître les caractères chinois. Ainsi, dans les livres qui s'adressent à la masse, à côté de chaque caractère idéographique, on place le caractère hira-gana correspondant pour en indiquer la prononciation. Les Japonais appellent ce mode de composition kana-tsuki, de tsuku qui signifie être attaché.

D'autre part, comme les caractères chinois peuvent être tracés de diverses manières, que chaque lettre du syllabaire hira-gana a plusieurs formes, que les majuscules ainsi que la ponctuation n'existent pas, que tous

les mots s'alignent à la suite les uns des autres sans interruption, on peut se faire une idée de la difficulté que présente le déchiffrement de l'écriture japonaise. On comprend qu'un vieux missionnaire jésuite l'ait appelée, dans un accès de mauvaise humeur, une invention du démon qui avait voulu, par là, augmenter les peines des ministres de l'Évangile.

Il y a quelque vingt ans, des tentatives très sérieuses furent faites par des Japonais bien intentionnés pour éliminer ces difficultés. Ils proposaient d'adopter purement et simplement l'écriture européenne.

Une association intitulée la Romaji-kwai fut fondée en 1885. Comme son nom l'indique — Roma, romain; ji, caractère et kwai, association — cette société se proposait d'amener, par l'emploi de tous les moyens, en agissant à la fois sur l'opinion publique et sur les autorités officielles, le remplacement de l'écriture idéographique par l'écriture romaine. Les membres de la société firent preuve d'un beau zèle : ils n'épargnèrent ni leur temps, ni leur argent; les Japonais les plus éclairés les soutinrent de leur influence, et le gouvernement lui-même seconda leurs efforts, autant que faire se pouvait. Mais la tentative ne réussit pas, pour des causes multiples qu'il serait trop long d'énumérer : la société fut dissoute. Quoi qu'en pensent certains écrivains, nous ne croyons pas que le succès puisse couronner, d'ici à longtemps, une nouvelle tentative. Il s'agit là, en somme, d'une œuvre pour laquelle le temps est un agent absolument nécessaire.

Les Japonais sont très fiers des progrès qu'ils ont réalisés dans l'enseignement primaire. D'après les dernières statistiques, le nombre des élèves s'élèverait à 93,23 pour cent du nombre des enfants d'âge scolaire. Ce chiffre est sensiblement exagéré. Les statisticiens japonais, très chauvins, ajoutent au nombre des élèves présents le 31 décembre, le nombre

de ceux qui ont achevé leurs études à la fin de l'année scolaire précédente. Aussi, les statistiques scolaires sont-elles en contradiction avec celles relatives à l'instruction des conscrits. En 1899, le degré de culture des conscrits s'établissait comme suit :

Gradués des écoles primaires ordinaires ou possédant une somme de savoir équivalente . . . 16 %

Gradués des écoles primaires supérieures ou possédant une somme de savoir équivalente . . . 41 %

Jeunes gens possédant une légère connaissance des quatre règles . . . . . 27 %

Jeunes gens sans connaissance aucune des quatre règles . . . . . 16 %

On voit que le pourcentage de 93,23 est au-dessus de la réalité. Il ne s'ensuit pas cependant qu'il faille marchander les éloges au gouvernement japonais, pour l'œuvre accomplie.

III

L'enseignement secondaire est également modelé sur l'organisation administrative. Chaque département doit posséder au moins une école secondaire. L'autorité centrale peut ordonner, quand elle le juge nécessaire, l'augmentation du nombre de ces écoles. Les dépenses qu'elles entraînent sont à la charge des départements, sauf pour le Hokkaido et le département d'Okinawa. Il va de soi qu'il ne peut plus y avoir d'obligation quant à la fréquentation de l'enseignement secondaire. Pour pouvoir être admis à suivre cet enseignement, les élèves doivent être âgés de douze ans accomplis et avoir achevé leur deuxième année d'école primaire supérieure, ou avoir reçu une instruction équivalente.

La durée des études est de cinq ans : toutefois, il peut être institué des cours complémentaires d'une

durée d'une année. Le programme, fixé par la loi, comprend la morale, le japonais, le chinois classique, les langues étrangères, l'histoire, la géographie, les mathématiques, l'histoire naturelle, la physique, la chimie, la calligraphie, le dessin et la gymnastique.

Nous donnons ci-dessous un tableau de la population des écoles secondaires pour garçons :

		de l'État	publiques	privées	totaux
Écoles		1	228	40	269
Élèves		339	81941	15720	98000
Professeurs		23	3993	777	4793
Dépenses	ordinaires		3430178	400941	3831119
	extraordin.		1066848	400941	1066848
	totales		4497026	400941	4897967

Comme l'enseignement primaire, l'enseignement secondaire est *libre* ; mais, ici encore, cette liberté est toute relative et non sans analogie avec celle qu'accordait en France la loi de 1850. Les particuliers sont autorisés à fonder des écoles secondaires, mais les professeurs doivent être possesseurs d'un certificat délivré par le ministre. Dans la pratique, le gouvernement fait preuve d'un grand esprit de tolérance. Les catholiques et les protestants ont fondé des écoles dans toutes leurs missions. Non seulement ils n'ont jamais rencontré la moindre difficulté du côté des pouvoirs publics, mais, en maintes circonstances, ceux-ci leur sont venus en aide. Un exemple typique illustrera cette largeur de vues.

L'année dernière, les Marianistes français, directeurs de l'École *l'Etoile du Matin*, à Tokyo, très à l'étroit dans leurs locaux, mais dépourvus des moyens pécuniaires nécessaires à un agrandissement, firent

appel à la générosité publique. Trois ministres d'État, LL. EE. le Marquis Saïonji, Président du conseil des Ministres, l'Amiral Baron Saïto, Ministre de la Marine, et M. Hara, Ministre de l'Intérieur, n'hésitèrent pas à prendre l'initiative d'une souscription dans le but de demander au grand public japonais les 200 000 yens (environ 500 000 francs) nécessaires à l'érection d'un nouveau collège. Les secrétaires particuliers de ces trois ministres furent chargés, concurremment avec un professeur de l'École, d'arrêter le texte de la circulaire et de dresser la liste des personnes auxquelles celle-ci devait être adressée. Dès le mois de novembre dernier, à la suite d'une nombreuse réunion de promoteurs, tenue à la résidence du Marquis Saïonji, un comité, composé de deux Ministres et de trois financiers, était formé pour provoquer les souscriptions et assurer leur rentrée, et la circulaire était aussitôt lancée. Nous reproduisons intégralement, dans sa traduction française, le texte de ce document (1).

Circulaire du Comité d'Honneur

« Raisons pour développer l'*École de l'Étoile du Matin* :

» Depuis la fondation de notre École, il s'est déjà passé vingt ans. Grâce aux efforts des professeurs, tant indigènes qu'étrangers, le résultat obtenu par les élèves est très satisfaisant à notre avis.

» Le but principal de l'éducation, en général, est de donner aux élèves, avant tout, une bonne formation morale. Pour cela, les maîtres doivent prêcher d'exemple. Dans ce but, notre École a établi un pensionnat dans lequel les maîtres sont partout avec les

(1) *L'œuvre pédagogique des Marianistes français au Japon*, par l'abbé Lebon, dans le Bulletin de la Société franco-japonaise de Paris, n° XI, 1908.

élèves : au dortoir, au réfectoire, à l'étude, à la cour, et de cette manière les élèves, en toutes circonstances, subissent l'influence du bon exemple des maîtres. La salle des séances, les dortoirs sont dans un état de propreté parfaite ; l'École possède une bibliothèque bien fournie, beaucoup d'échantillons d'histoire naturelle et autres, et des agrès de gymnastique comme on en voit rarement dans les autres écoles.

» Pour toutes ces causes, la confiance des parents s'est accrue, le nombre des élèves a augmenté de plus en plus, au point que l'École actuelle est devenue insuffisante. C'est là la première raison pour laquelle il faut songer à developper l'École.

» Comme les maîtres étrangers, Européens et Américains, sont très nombreux, les élèves ont souvent l'occasion de parler le français et l'anglais ; c'est presque comme s'ils allaient à l'étranger. Pour l'enseignement du français, l'*Étoile du Matin* est le seul lycée qui le donne et, vu l'entente cordiale récemment conclue, au point de vue de la politique et des relations sociales, le français devient de plus en plus nécessaire. C'est là une seconde raison pour développer l'Ecole.

» Il y a des gens qui se demandent si l'enseignement donné à l'École de l'*Étoile du Matin* n'est pas fortement imprégné de religion. Il faut savoir que cette École, s'attachant à suivre les règlements établis par le Ministère de l'Instruction Publique, n'a rien à faire avec la religion en tant qu'école.

» Donc, vu les magnifiques résultats déjà obtenus ; vu la nécessité pour l'avenir d'une école de ce genre, il y a lieu de travailler à agrandir notre École : 1° pour faire bénéficier le plus grand nombre possible d'élèves d'une éducation saine ; 2° pour faciliter l'étude des langues étrangères. C'est pour cette raison que nous, les soussignés, tant ceux qui ont des relations directes avec l'École que ceux qui n'en ont aucune, nous nous

sommes constitués en comité pour travailler au développement de l'École.

» Nous vous prions, vous qui avez des idées philanthropiques, de vous joindre à nous, de nous aider de votre argent pour nous permettre d'élever des citoyens tels que le bien du pays les réclame et par là reconnaître les bienfaits dont nous sommes redevables à Sa Majesté l'Empereur (1). »

Il faut également considérer comme établissements d'enseignement secondaire les écoles supérieures de filles, car une ordonnance ministérielle les a assimilées, pour l'instruction générale, aux écoles d'enseignement secondaire pour garçons.

La durée des études y est de quatre ans : toutefois, elle peut être augmentée ou diminuée d'une année.

(1) Cette circulaire est revêtue des 64 signatures ci-après ; les noms originairement classés dans l'ordre alphabétique japonais, ont été reclassés dans l'ordre alphabétique français ; un astérisque (*) indique les membres qui ont ou ont eu des enfants élevés à l'École de l'*Étoile du Matin* : *Amenomiya Keijibo*, négociant, directeur de la Compagnie des Tramways électriques de Tokio ; *Ariga Nayabumi*, docteur, membre de la Banque Mitsui ; *Den Kenjiro* (*), sénateur ; *Dewa Shigeto* (*), amiral ; *Fujii Shigeto* (*), général, commandant de l'École d'Artillerie et du Génie ; Vicomte *Fujinami*, directeur du Service des Haras ; Marquis *Hachisuka*, sénateur, ancien Ministre ; *Hara Tadashi* (*), Ministre de l'Intérieur ; Vicomte *Hashimoto* (*), médecin major-général, directeur de l'hôpital de la Croix-Rouge ; *Hayakawa Sfukichiro*, administrateur de la Banque Mitsui ; Comte *Hayashi Tadasu* (*), Ministre des Affaires Étrangères ; Comte *Hijikata* (*), ancien Ministre de la Maison Impériale ; *H. Hiranuma* (*), banquier ; Prince *Ichijo*, capitaine de vaisseau, Grand-Maître de la Maison de S. A. I. le Prince héritier ; *Iida Giichi*, administrateur de diverses sociétés de commerce et d'industrie ; *Ikeda Kenzo*, directeur de la 100e Banque ; Vicomte *Inoue* (*), sénateur ; *Ito Hirokuni* (*), Vice-Grand-Maître des Cérémonies, chef de la Maison de S. A. I. le Prince héritier (fils aîné du Prince Ito) ; *Iwahara*, administrateur de la Banque Mitsui ; Prince *Iwakura*, Grand Chambellan de S. M. l'Empereur ; *Iwashita Kiyokane* (*), directeur de la Banque Kitahama ; *Kadono Ikunoshin* (*), administrateur de la Compagnie de navigation Nippon Yusen Kwaïsha ; Comte *Kagawa*, Grand Chambellan de S. M. l'Empereur ; *Kato Musayoshi* (*), Vice-Président de la Compagnie de navigation Nippon Yusen Kwaïsha ; *Kato Tsunetada* (*), ancien Ministre plénipotentiaire ; Marquis *Katsura Taro*, général, ancien Président du Conseil des Ministres ; *Komatsubara Eitaro* (*), membre de la Chambre des Pairs, ancien Vice-Ministre ; *Kondo Rempei* (*), Président de la Compagnie de navigation Nippon Yusen Kwaïsha ; *Maedu Masana*, membre de la Chambre des Pairs, ancien Vice-Ministre ; *Mayahara*

suivant les circonstances locales. Les conditions de fréquentation de ces établissements sont les mêmes que pour les écoles secondaires ordinaires : pour y être admises, les jeunes filles doivent être âgées de douze ans au moins et avoir achevé leur deuxième année d'école primaire supérieure, ou avoir reçu une instruction équivalente. Le programme est celui que nous avons donné plus haut avec quelques légères modifications : morale, japonais, langues étrangères, histoire, géographie, arithmétique, sciences, économie domestique, couture, calligraphie, dessin, musique et gymnastique ; en outre, un ou plusieurs des cours facultatifs suivants : pédagogie, chinois classique, travaux manuels.

Les écoles supérieures de filles sont au nombre de 26 ; elles comptent 310 professeurs et 6799 élèves.

Akira (*), membre de la Chambre des Pairs ; *Mogami Kohan* (*), membre de la Chambre des Pairs ; *Morimura Ichizo*, négociant, directeur de banque et de diverses sociétés ; *Murai Yoshibei*, directeur de la Banque Muraï ; Marquis *Nabeshima*, membre de la Chambre des Pairs, ancien Grand-Maître des Cérémonies ; *Nagai Nakayoshi* (*), docteur ès sciences, professeur à l'Université Impériale ; *Nakano Buhei*, membre de la Chambre de Commerce de Tokio ; *Nakayama Shonosuke* (*), membre de la Banque nationale ; Prince *Nijo Motohiro*, membre de la Chambre des Pairs ; *Ohoshi Shintaro* (*), ancien député, éditeur à Tokio ; Baron *Oka Genkiyo* (*), médecin en chef de S. M. l'Empereur ; *Okazaki Kunisuka*, député, directeur des établissements Furugawa ; *Otani Kahei*, négociant, Président de la Chambre de Commerce de Yokohama ; *Oyama Tsunasuke* (*), Ministre plénipotentiaire ; *Saita Kensaku*, banquier, membre de la Chambre des Pairs ; Marquis *Saïgo*, officier de marine (fils de l'amiral Saïgo) ; Marquis *Saionji*, Président du Conseil des Ministres ; Baron *Saito*, amiral, Ministre de la Marine ; *Satake Sokutaro*, député, directeur de la Compagnie d'Électricité ; Baron *Shibusawa*, Président de la Chambre de Commerce de Tokio, directeur de diverses sociétés commerciales et industrielles ; *Shimura Gentaro*, Vice-Président de la Banque Kagyo ; *Sonoda Kokichi* (*), directeur de la 15e Banque ; *Soyeda Juichi*, membre de la Chambre des Pairs, président de la Banque de l'Industrie ; *Suzuki Masaya*, directeur de la Banque Sumitomo ; *Takahashi Shinkichi*, directeur de la Banque Kagyo ; *Takahashi Yoshio* (*), membre de la Banque Mitsui ; *Takata Shinzo* (*), négociant ; Comte *Tanaka*, Ministre de la Maison Impériale ; Comte *Teranchi Seiki*, général, Ministre de la Guerre ; Comte *Togo*, amiral, chef d'État-Major général de la Marine ; *Tsukuda Ichizo*, Vice-Président de la Banque du Commerce ; *Uriyu Shin* (*), conseiller de la Compagnie Mitsubishi ; *Watanabe Senjiro* (*), membre de la Banque Mitsui ; *Yamanaka Rinnosuke* (*), banquier ; *Yamane Seiji*, docteur en médecine, député.

Le rapprochement de ces nombres de ceux du tableau donné plus haut permet de se rendre compte de l'état d'infériorité de l'enseignement des filles vis-à-vis de celui des garçons. De tout temps, les Japonais ont cru que la femme n'était ni digne ni susceptible d'instruction. Suivant leur grand moraliste du XVIIe siècle, Kaïbara, toute la science de la femme se résume dans une triple obéissance : jeune fille, elle doit obéir à ses parents ; épouse, à son mari ; veuve, à son fils. Le même moraliste déclare que : « les cinq plus graves maladies dont l'esprit féminin est affligé sont : l'indocilité, la mauvaise humeur, la médisance, la jalousie, la sottise. Sans aucun doute, ajoute-t-il, ces cinq maladies atteignent sept ou huit femmes sur dix, et c'est d'elles que provient l'infériorité de la femme par rapport à l'homme. Une femme doit essayer de s'en guérir en se surveillant, en se réprimandant elle-même ; la plus funeste, la mère des quatre autres, est la sottise. La femme est comme une ombre : c'est un être passif. Cette passivité est ténèbres. La femme auprès de l'homme est une inconsciente à laquelle échappent les devoirs mêmes qui lui crèvent les yeux ; elle ne distingue pas les actes qui lui attireront le blâme ; elle ne se rend même pas compte des choses qui feront tomber le malheur sur la tête de son mari et de ses enfants... Jusque dans l'éducation de ses propres enfants, son affection aveugle l'induit en erreur. Telle est l'imbécillité de son caractère que c'est une obligation pour elle, dans les moindres détails, de se défier d'elle-même et d'obéir à son mari (1). »

(1) Chamberlain, *Things Japanese*, p. 429, Tokyo 1905. Kaïbara dit encore : « La femme doit regarder son mari comme son seigneur et le servir avec toute la révérence, toute l'adoration dont elle est capable. Le grand devoir de la femme, son devoir pour la vie, est d'obéir. Dans ses relations avec son mari, son maintien et son langage doivent respirer la déférence, la docilité, l'humilité. Quand le mari donne des ordres, la femme ne doit jamais désobéir. Dans les cas douteux, elle doit interroger son mari et suivre ses comman-

Il semble cependant qu'au contact des idées européennes, un revirement graduel s'opère dans ces conceptions. L'enseignement des jeunes filles n'est pas, il est vrai, à la hauteur de celui des garçons, mais il existe et c'est un grand pas de fait. Avec le temps, la situation ne fera que s'améliorer et, sans vouloir prétendre que le Japonais considérera jamais la femme comme son égal, on peut affirmer que l'évolution dans ce sens ne fera que s'accentuer.

Les lacunes de l'enseignement secondaire sont les mêmes que celles de l'enseignement primaire. Nous ne nous attachons donc pas à les décrire à nouveau.

Le nombre de ces écoles est absolument insuffisant. Que le lecteur en juge lui-même : pour une population de 45 millions d'âmes, le Japon compte à peine 220 écoles moyennes. Aussi, un publiciste très averti des choses japonaises a-t-il pu écrire : « En matière d'éducation secondaire et supérieure, le Japon est encore au-dessous, non seulement des contrées européennes les plus arriérées, y compris la Russie, mais au-dessous des républiques sud-américaines, excepté le Paraguay et le Brésil. »

Les programmes de l'enseignement secondaire sont trop chargés. Les Japonais ne peuvent pas, en général, terminer leurs études moyennes avant l'âge de vingt et un ans. C'est assez dire que les jeunes gens pauvres, qui désirent faire les études secondaires, ont à se soumettre aux plus dures privations, s'ils prétendent aller jusqu'au bout.

L'enseignement secondaire est infecté du même chauvinisme que l'enseignement primaire. On y retrouve

dements avec soumission. S'il arrive que son mari l'interroge, elle doit répondre exactement à la question. S'il se met en colère, à quelque moment que ce soit, elle doit lui obéir avec crainte et tremblement. Une femme doit considérer son mari comme le Ciel même ; jamais elle ne doit se lasser de songer comment elle pourra le mieux lui être soumise, afin d'échapper au châtiment céleste. »

les mêmes préjugés à l'égard de l'étranger, la même exaltation des sentiments patriotiques.

« Seul de tous les États qui apparaissent sur le globe, lisons-nous dans l'*Histoire du Japon*, en usage dans toutes les écoles, le Japon n'a jamais subi la souillure d'une conquête étrangère... Une seule lignée d'empereurs a fleuri dans notre pays depuis plusieurs milliers d'années ; et, depuis les origines du Japon, c'est à sa bienfaisante autorité que nous sommes respectueusement soumis ; c'est sa majestueuse puissance que nous révérons unanimement... Depuis le temps où l'ancêtre divin, la grande déesse Anna-Terasou, fit descendre du ciel son fils Ninigi-no-Mikoto, c'est sa postérité qui, sans interruption, pendant des myriades de cycles, a daigné, de génération en génération, gouverner notre pays. »

Les professeurs enseignent gravement à leurs élèves que l'Empereur est descendu du Soleil céleste, que la race japonaise est supérieure à toutes les autres puisqu'elle est d'origine divine, etc.

Pareil enseignement, cela va de soi, engendre les mêmes conséquences que l'enseignement primaire : « Préjugé et conservatisme, dit le Ko-Kumin-Shimbun, le grand organe japonais, sont les dogmes des maîtres d'école japonais, et ils ne permettent pas qu'on s'en écarte d'une ligne. La jeunesse sort de leur enseignement avec la conviction que la plus haute forme du dévouement à un prince est de se suicider à sa demande, et que la meilleure manière de faire preuve de patriotisme est de jeter des pierres aux étrangers. »

IV

Le Japon compte actuellement cinq écoles supérieures, des écoles spéciales et deux universités, dont l'une à Tokio et l'autre à Kyoto, l'ancienne capitale.

Les écoles supérieures ont été fondées pour donner, soit un enseignement spécial, qu'on peut qualifier de supérieur par les matières qu'il embrasse, soit l'enseignement préparatoire à l'université. Parmi ces écoles supérieures, une est pourvue des facultés de droit, de médecine, de génie civil et de cours préparatoires aux universités ; une autre possède une faculté de génie civil et des cours préparatoires ; enfin, trois autres ont des facultés de médecine et des cours préparatoires.

La durée des études est de quatre ans dans les facultés de droit, de génie civil et de médecine, et de trois ans pour les cours préparatoires. Le programme de l'examen d'entrée correspond à l'examen de sortie des écoles secondaires.

Le programme des cours spéciaux des diverses sections des écoles supérieures comprend les matières suivantes :

Droit. — Économie politique, droit pénal, instruction criminelle, droit constitutionnel, droit administratif, principes universels du droit, droit civil, droit commercial, droit international, procédure civile, organisation judiciaire.

Génie civil. — Mathématiques, géologie, minéralogie, machines, physique, mécanique, dessin, chimie appliquée, construction, mines et métallurgie.

Médecine. — Anatomie, physiologie, biologie, pathologie, ophtalmologie, thérapeutique, obstétrique, gynécologie, hygiène, médecine légale, chirurgie, pharmacie.

Les deux universités japonaises ont été fondées par l'État, la première, celle de Tokio, en 1877, la seconde, celle de Kyoto, en 1897. Un bill a été déposé à la Chambre des députés, tendant à la création de deux nouvelles universités, et tout fait prévoir que le projet, après quelques modifications sans importance, sera bientôt adopté.

Le but de ces institutions, d'après le Rescrit impé-

rial de 1887, est d'enseigner et d'étudier à fond les sciences et les arts qui importent le plus à l'État. Elles comprennent une école des hautes études, et des facultés. Dans la première, on se livre, dit le même décret, à une étude pratique approfondie des sciences et des arts ; dans les secondes, on en enseigne la théorie. Les deux universités de Tokio et de Kyoto ont une organisation identique, modelée sur celle des universités européennes. Signalons, comme particularité, la modicité des frais d'inscription aux cours : ils ne sont que de deux yens et demi par mois, soit à peine 6,40 frs. Depuis quelque temps, il est vrai, on exige des étudiants un supplément de 1 yen, pour couvrir les frais du matériel.

L'université de Tokio est de beaucoup la plus importante, tant au point de vue des cours que de la population estudiantine. Elle comprend une école des hautes études, ainsi que les facultés ordinaires de droit, de médecine, de génie civil, de lettres, de sciences et d'agriculture. Ces diverses facultés se partagent en sections. Dans la faculté des lettres, ces sections sont au nombre de neuf : philosophie, littérature japonaise et littérature chinoise, histoire du Japon, histoire générale, philologie, littérature anglaise, littérature allemande et littérature française. C'est la faculté qui possède le plus grand nombre de professeurs étrangers.

La durée normale des études est de quatre ans pour la faculté de médecine ; elle est indéterminée pour la faculté de droit ; on exige seulement quatre inscriptions à prendre par les élèves ; pour toutes les autres facultés, la durée des études est de trois ans. Les cours de l'école des hautes études durent cinq années ; pendant les deux premières, les élèves sont tenus d'être inscrits à l'une des facultés.

Dans le but de former de grands propriétaires ruraux, on donne, à la faculté d'agriculture, des cours

pratiques de technique agricole, de sylviculture et de zootechnie.

La faculté de médecine possède un hôpital pour les cliniques ; la faculté des sciences, un observatoire sismique, un laboratoire maritime et un jardin botanique. A la faculté d'agriculture, sont annexés un champ d'expériences, un hôpital d'animaux, un laboratoire d'examen des produits forestiers, une maréchalerie et une magnanerie.

Un observatoire astronomique a été fondé pour les observations célestes et la rédaction du calendrier ; on y fait des cours pratiques au bénéfice des élèves de l'école des hautes études et de ceux des facultés.

L'université possède une magnifique bibliothèque pour l'accroissement de laquelle le Japon ne recule devant aucun sacrifice.

L'université de Kyoto a été établie sur le modèle de l'université impériale de Tokio, mais ne possède pas encore toutes les facultés.

A l'origine, la plupart des professeurs de l'enseignement supérieur étaient des étrangers. Le Japon avait emprunté à l'Europe, en même temps que ses méthodes d'éducation, ses savants, ses ingénieurs et ses jurisconsultes. Aujourd'hui, la plupart de ces professeurs étrangers ont été remplacés soit par leurs meilleurs élèves, soit par des Japonais qui avaient fait d'excellentes études dans les grandes universités d'Europe. A la fin de l'année dernière, on ne comptait plus à l'université de Tokio que seize professeurs étrangers, dont douze Allemands, deux Anglais et deux Français, et un seul à Kyoto. Le Japon a donc cessé d'être un débouché pour les jeunes gens à diplômes.

Depuis la restauration, nombre d'étudiants sont allés à l'étranger s'initier aux sciences et aux arts, et parmi eux beaucoup y ont été envoyés aux frais de l'État. Le ministère de l'instruction publique choisit, chaque

année, un certain nombre de jeunes gens parmi les élèves diplômés et les professeurs des écoles de l'État et les envoie compléter en Europe et en Amérique leurs études scientifiques et artistiques. Ces étudiants sont répartis entre huit pays, Angleterre, Allemagne, France, Belgique, Autriche, Hollande, Suisse et États-Unis (1).

Disons un mot des caractéristiques de l'enseignement supérieur au Japon. Un académicien français, M. Faguet, grand détracteur de toutes les races non aryennes, refuse aux Japonais les dons supérieurs de l'intelligence : « Les Jaunes, dit-il, sont incapables de tendances élevées, de haute curiosité désintéressée, de souci de progrès moral incessant », et, s'appuyant sur M. Fouillée, il ajoute : « après tout, la civilisation n'a jamais été faite jusqu'à présent que par les blancs ».

Nous avons réfuté ailleurs cette assertion dénuée de preuves, qui fait de la civilisation une question de couleur de peau et qui considère les Chinois et les Japonais, qu'un abîme sépare en réalité, comme ne faisant qu'une seule et même famille. Bornons-nous ici à établir très rapidement la capacité mentale des Japonais.

Partir, comme d'aucuns l'ont fait, de considérations anatomiques, physiologiques et autres, pour établir *à priori* l'infériorité intellectuelle des Jaunes, c'est se condamner à rester dans le champ des hypothèses, et s'interdire toute conclusion sérieuse. Car s'il est certain qu'il existe une relation entre l'intelligence et le cerveau

(1) Voici le relevé des étudiants envoyés à l'étranger actuellement : génie civil, 3 ; chirurgie, 4 ; médecine, 2 ; chimie, 2 ; commerce, 2 ; métallurgie, 2 ; électricité, 2 ; droit pénal, 1 ; droit constitutionnel, 1 ; droit civil et droit international, 1 ; droit commercial, 1 ; droit administratif et droit constitutionnel comparé, 1 ; procédure civile, 1 ; philosophie du droit, 1 ; droit romain, 1 ; droit maritime, 1 ; sciences économiques, 1 ; maladies cutanées et vénériennes, 1 ; obstétrique et anatomie comparée, 1 ; pathologie et anatomie, 1 ; maladie des oreilles, du nez et de la gorge, 1 ; anatomie, 1 ; biologie, 1 ; pharmacopie, 1 ; maladies mentales, 1 ; abcès, 1 ; tremblements de terre, 1 ; machines, 1 ; exploitation des mines, 1.

qui lui sert d'organe, il l'est aussi que nous ignorons jusqu'ici en quoi elle consiste. Le meilleur et peut-être le seul moyen de se rendre compte de la puissance virtuelle du cerveau nippon, c'est de l'étudier dans ses œuvres.

On s'était habitué à considérer les Japonais comme inférieurs, au point de vue intellectuel, aux peuples de race blanche, et les faits semblaient donner raison à cette opinion générale : les États du Mikado, enfermés dans un isolement séculaire, s'abstenaient obstinément de toute relation avec les autres pays et ne participaient en rien à la civilisation qui grandissait sans cesse chez les nobles Aryens. Mais on oublie que l'intelligence ne passe pas d'elle-même de la puissance pure à l'acte. Il faut que les circonstances, sociales et autres, la sollicitent à des manifestations diverses. Ces circonstances avaient toujours manqué, semble-t-il, au Japon et ainsi s'explique l'apathie dans laquelle ce peuple était plongé jusque dans ces derniers temps. Mais un jour les conditions du milieu ont changé ; l'intelligence japonaise a été brusquement et impérieusement sollicitée de tous les côtés : elle s'est réveillée, et les Jaunes se sont lancés dans le mouvement civilisateur. Aujourd'hui, les résultats auxquels ils sont arrivés dans les sciences, dans les arts et dans l'industrie prouvent qu'on s'était trompé complètement sur leur virtualité cérébrale. Bien plus, jamais, en aucun temps, les peuples de race blanche n'ont donné un tel exemple d'activité intellectuelle.

En moins de vingt ans, ces Jaunes « incapables de tendances élevées » fondaient, ainsi que nous le disions plus haut, deux universités ; ils instituaient des cours de psycho-physiologie, qui n'existent pas encore dans beaucoup de nos universités européennes ; ils établissaient quarante-sept écoles normales, des écoles militaires et navales, des académies, des écoles de beaux-

arts ; ils créaient des revues, etc. Tokio à lui seul possède aujourd'hui vingt-deux journaux politiques quotidiens et plus de cent vingt publications périodiques, avec un tirage d'un million et demi d'exemplaires. Ces faits parlent assez haut et rendent superflue l'énumération des progrès prodigieux accomplis dans l'ordre matériel, dans le commerce et dans l'industrie.

Chaque race, toutefois, a son génie particulier. Le Japonais a une tournure d'esprit qui lui est propre. En règle générale, on peut dire qu'il a une meilleure compréhension de l'individuel, du concret que du général et de l'abstrait. Il ne généralise pas volontiers : il reste de préférence dans le fait, dans le particulier ; en cherche-t-il l'explication, les causes immédiates, les causes secondes, des causes qui sont encore des effets suffisent à sa curiosité. Des faits, des rapports, dit-il avec Taine, il n'y a pas autre chose.

Mauvais généralisateurs, les Japonais sont, par contre, excellents observateurs ; ils possèdent un esprit d'analyse fortement développé et n'ont employé, comme procédé de recherches, que la méthode expérimentale.

Le Japon n'est pas la terre classique des méditations et des spéculations philosophiques. C'est que la nature a été trop prodigue à l'égard de ses habitants, elle les a comblés de trop de bienfaits. D'autre part, ils ont été trop reconnaissants à cette bonne mère ; ils se sont trop abîmés dans la contemplation des merveilles qu'elle avait répandues à pleines mains dans leur beau pays, et leur attention a été tout entière accaparée par les splendeurs qui les environnent. Leur pensée n'a pas su aller au delà de ce ciel d'un bleu éternel. « La nature leur souriait : ils ont souri à la nature. » L'effet leur paraissait trop admirable, pour qu'ils consentissent à remonter plus haut : sans chercher la cause, ils ont adoré l'effet.

De tout temps, les croyances religieuses ont exercé

une grande influence sur l'intelligence humaine. La raison médite ce que l'autorité propose à croire. Vingt siècles de panthéisme naturaliste, trois siècles de confucianisme ont façonné l'esprit japonais, l'ont enfermé dans la contemplation étroite et l'étude exclusive de la nature. Pourquoi l'homme est-il ici-bas ? à quelle fin, dans quel but ? Comment doit-il user de sa liberté et dans quel sens doit-il diriger sa conduite ? Toute l'existence est-elle renfermée en cette vie, et pourquoi cette foule de désirs et de facultés que cette vie ne contente pas ? L'homme lui-même, qu'est-il ? Qu'est-ce que l'âme ? Qu'est-ce que le corps ? — Ce sont là des questions que l'esprit japonais n'a jamais cherché à résoudre d'une façon sérieuse. La parole de Jouffroy : « Comment vivre en paix quand on ne sait pas d'où l'on vient, ni où l'on va, ni ce qu'on a à faire ici-bas, quand tout est énigme, mystère, sujet de doutes et d'alarmes ? » cette parole n'a pas de sens pour les Japonais. Ces énigmes, ces mystères, ils ne cherchent pas à les approfondir ; et ils vivent insouciants au milieu d'une nature qui fait un Eden de leur pays. Voilà l'état d'esprit des Japonais. Rien d'étonnant, dès lors, qu'ils se soient assimilé d'une façon si soudaine le positivisme moderne qui, lui aussi, se consacre à l'étude exclusive des phénomènes matériels, écarte les causes finales et repousse toute recherche relative à l'essence des choses.

Si les sciences sont fort en honneur dans les universités japonaises, si nombre de Japonais se sont illustrés dans le domaine des sciences naturelles, la philosophie et principalement la métaphysique sont restées à l'arrière-plan de leurs préoccupations. De fait, elles ne jouissent d'aucun prestige dans l'enseignement universitaire et elles sont généralement délaissées. Les professeurs de philosophie japonaise donnent, du reste, leur enseignement d'une manière qui ne leur rallierait guère de suffrages dans nos universités européennes.

Voici, par exemple, un extrait du cours de l'histoire de la philosophie japonaise de M. Inouye : « Choussai (1794-1831) soutient la relation mutuelle entre le microcosme et le macrocosme... La qualité essentielle du macrocosme est certainement le grand vide, qui n'est autre que le ciel : d'où le vide du cœur ou de l'âme est la même chose que le ciel... Si nous ne considérons les choses que physiquement, le corps contient le cœur, en d'autres mots le cœur est dans le corps. Les considérons-nous au contraire métaphysiquement, le cœur renferme le corps... D'ailleurs, il n'y a aucune différence entre le vide en dehors du corps et le vide dans le cœur. L'un et l'autre ne sont que le ciel ; le ciel est donc non seulement dehors, mais encore dedans, c'est-à-dire que mon cœur est tout à fait le ciel. »

Si l'enseignement supérieur au Japon ne se caractérisait que par la prédominance de l'élément scientifique proprement dit sur l'élément philosophique et littéraire, on ne pourrait guère l'opposer à l'enseignement universitaire des peuples occidentaux, car l'un et l'autre présentent la même physionomie. Mais il est d'autres différences.

L'enseignement supérieur est entaché du même esprit chauvin que l'enseignement secondaire. Les plus orgueilleux des Japonais sont précisément ceux qui ont fait des études universitaires. Nombre de professeurs de Tokio inculquent à leurs élèves, en même temps que cette science positive qu'ils vont chercher dans nos universités, la haine et le mépris de l'étranger.

Il y a quelque temps, un groupe d'intellectuels fondaient une revue, le Sangan, ayant pour objet la défense des religions indigènes. Dans le premier numéro, le professeur Chiso-Naito, de l'Académie militaire, publiait une étude où il disait, entre autres choses, que « les Japonais seuls ont droit au titre d'êtres humains. Les autres peuples sont, sinon des animaux, du moins des sauvages ! »

Le professeur Jnasa Nitobé, dans un article sur le boushido, caractérise ainsi le christianisme : « C'est un système bâtard de morale, un mélange de judaïsme décrépit, d'ascétisme égyptien, d'élévation grecque, d'arrogance romaine, de superstition teutonique avec quelque chose de tout ce qui permet de sanctionner le massacre en masse de races plus faibles et, de temps en temps aussi, de trancher des têtes couronnées ».

Dans toutes les autres contrées, dit M. Inouye, « le souverain sort du peuple ; au Japon, le peuple a l'honneur de descendre de l'Empereur. Les autres contrées connaissent la piété filiale et le patriotisme, mais ce ne sont point la piété filiale et le patriotisme du Japon, etc. »

Il y a quelques années, un professeur de l'université de Tokio, M. Mune, titulaire de la chaire d'histoire, fut révoqué par le gouvernement pour avoir écrit une étude critique sur les premiers Mikados.

Cet enseignement a donné les fruits qu'on devait nécessairement en attendre. Les étudiants japonais sont, en général, d'un orgueil insupportable. Ils se considèrent comme étant d'une essence à part et destinés à jouer, non seulement au Japon, mais dans le monde, un rôle capital. Cet orgueil est d'autant plus déplacé que rien ne l'excuse. L'étudiant japonais, en effet, n'est nullement supérieur à l'étudiant européen. Si, en règle générale, il travaille davantage, s'il est susceptible de plus grands efforts, s'il est doué d'une mémoire prodigieuse, au point de vue de la capacité intellectuelle proprement dite, de la faculté de réflexion, il ne supporte pas la comparaison avec l'étudiant européen. Le Japonais fait des études universitaires uniquement dans un but utilitaire : il veut conquérir un diplôme, soit pour devenir fonctionnaire, soit pour améliorer son existence matérielle. La conception de la science en tant que science pure lui échappe. En

cela, les étudiants suivent tout simplement l'exemple de leurs professeurs.

Les études scientifiques désintéressées sont, en fait, interdites aux universitaires japonais pour la raison qu'ils ne jouissent que de traitements dérisoires. Les professeurs indigènes les mieux rétribués ne gagnent généralement pas plus de 3000 francs. Force leur est de courir le cachet et d'employer le temps que leur laissent leurs cours à donner des leçons particulières. Ne pouvant, dans ces conditions, préparer convenablement leurs leçons, ils se voient ridiculisés par les étudiants eux-mêmes qui ont vite fait de percer à jour l'ignorance de leurs maîtres.

D'autre part, on demande à l'étudiant japonais une trop grande somme de travail. Les programmes des universités sont surchargés et on y multiplie à plaisir les cours et les conférences. Le Japon Chronicle, en juin dernier, écrivait très justement à ce sujet : « L'heure approche où, encore une fois, de nombreux candidats vont se présenter aux examens universitaires et puis se lancer en pleine mêlée de compétitions de plus en plus vives dans chaque profession. D'autres, encore plus nombreux, vont sortir diplômés des écoles supérieures : parmi ces derniers, beaucoup aspirent à l'Université où ils se prépareront à la carrière qu'ils ont choisie. Des milliers de jeunes gens, nés dans la bourgeoisie, sont prêts à entrer dans les écoles supérieures, si toutefois ils y trouvent place, mais n'insistons pas en ce moment sur ce dernier point. Il est intéressant et instructif d'examiner, une fois de plus, ce genre d'instruction dans ses méthodes et dans ses développements. Nous nous trouvons, tout d'abord, en présence de ce fait effrayant : à l'Université et dans les écoles supérieures, l'étudiant passe de trente à quarante heures par semaine au cours, dans les laboratoires et aux exercices physiques ! Les exercices

physiques, à vrai dire, il y en a peu ou pas à l'Université et dans les écoles supérieures; trois ou quatre heures par semaine ! Est-il humainement possible qu'un jeune homme de vingt ans (c'est l'âge moyen dans les écoles supérieures ; à l'Université il faut compter vingt-trois ans) se prépare aux examens, comprenne et s'assimile tout ce qu'il a entendu dans les cours, aux leçons et aux conférences, et qu'en même temps il maintienne son corps en bonne santé ? Nous ne pouvons que répondre : non. Ces excès doivent se payer. Trop souvent, c'est le corps qui pâtit ; plus fréquemment, c'est l'éducation qui en souffre, car il est impossible qu'un jeune homme, même un Japonais, puisse réellement profiter de tant de cours, de conférences, de démonstrations pratiques. Des pédagogues occidentaux ont protesté ouvertement contre le nombre excessif de ces heures de travail. »

Mais le vrai point faible de l'enseignement au Japon, c'est la question morale. La révolution de 1868 a bouleversé de fond en comble l'édifice social. Le Japon a tourné sur ses gonds. Au régime féodal le plus intense, a succédé le régime individualiste. L'ancienne molécule constitutive était la famille (1) ; aujourd'hui, comme en Occident, c'est l'individu. Toutes les conceptions que les Japonais se faisaient de l'État, des droits et des devoirs des citoyens, de l'emploi et du but de la vie ont subi des modifications profondes. Et ce désarroi a été augmenté par l'introduction de la civilisation européenne, où les Japonais ont pris à la fois l'ivraie et le bon grain : la démoralisation de l'Europe achève la démoralisation du Japon.

L'étudiant japonais ne croit plus ni au Bouddhisme ni au Shintoïsme. Il se contente de sourire, quand on

(1) Voir John Wigmore, *Materials for the study of private law in old Japan*, dans les TRANSACTIONS OF THE ASIATIC SOCIETY OF JAPAN, vol. XX.

lui enseigne la mythologie de l'antique *Voie des dieux*. Son scepticisme est radical. « Il n'y a pas plus de différences entre les diverses religions, écrit Fukuzawa, quelles s'appellent le bouddhisme, le christianisme ou autrement, qu'entre le thé vert et le thé noir. Peu importe que vous buviez l'un ou l'autre. L'essentiel est de laisser ceux qui n'ont jamais bu de thé le goûter et l'apprécier en toute liberté. De même pour la religion. Les prêtres sont des marchands de thé, mais je ne pense pas qu'ils aient raison de déprécier la marchandise des autres pour faire valoir la leur. La seule chose qu'ils doivent faire, c'est avoir de la bonne denrée et la vendre le moins cher possible. »

Le danger de cette situation n'échappe pas aux clairvoyants. Un des principaux organes de la presse japonaise écrivait dernièrement : « Nous revenons sur un sujet souvent traité ici, non pas toujours sous le même titre, mais toujours avec la même insistance pour déclarer qu'il faut absolument faire naître chez les générations nouvelles les sentiments de la responsabilité, leur donner du caractère. L'éducation morale n'a pas d'autre objet, et c'est pour cette raison que nous cherchons à inculquer un esprit religieux. La religion n'est peut-être pas l'unique base sur laquelle repose le sentiment moral, mais elle est la plus sûre et la plus facile à établir, et elle est surtout, pour la très grande majorité des êtres humains, la plus solide et la plus inébranlable. Quelle que soit d'ailleurs cette base, nous demandons à nos enfants de devenir des citoyens moralement forts et conscients de leurs propres responsabilités. Ce besoin commence à se faire sentir, nous le constatons avec plaisir, et nous pouvons ajouter qu'un ministre de l'Instruction publique marqua son début, l'an dernier, en faisant un appel vigoureux en faveur de la moralisation de nos enfants. Cet appel s'est renouvelé dans un discours prononcé à la conférence des Éducateurs

nationaux où l'on a invoqué le Rescrit impérial qui expose les idées fondamentales d'une instruction morale. D'autres indices montrent que les instituteurs et les parents commencent enfin à comprendre la nécessité d'une instruction morale et du développement du caractère chez l'enfant. Nous n'avons pas à les énumérer, il vaut mieux en appeler aux faits.

« Il y a quarante ans, toute instruction au Japon reposait sur une éducation morale, il n'y en avait pas d'autre. Aux Samuraïs, il est vrai, on enseignait les arts de la guerre ; mais cet enseignement était toujours mêlé de préceptes moraux. Depuis lors, tous ceux qui ont tenu dans leurs mains les destinées du Japon avaient été élevés selon ces traditions, ou étaient nés de parents qui les leur avaient transmises. Aujourd'hui, tout le monde admire le Bushido, mais ce merveilleux Bushido n'est que le résumé de l'éducation religieuse d'autrefois, qu'ont connue et suivie ceux qui ne sont plus jeunes, et peut-être leurs enfants. Cependant, à mesure que le nouveau système s'étend, les parents se désintéressent peu à peu de l'éducation de leurs enfants, et les précieuses traditions du vieux Japon sont abandonnées et oubliées ; nul n'essaie de les conserver. Le danger est devenu pressant. Pour être civilisée et grande, une nation doit avoir un foyer d'idées auquel sa nature morale puisse se réchauffer. Il faut se prémunir contre toute diminution de cette force, diminution inévitable pourtant, si ceux à la garde desquels nos enfants sont confiés, pendant que leurs âmes sont malléables et impressionnables, ne montrent pas plus d'ardeur à éveiller chez eux les notions du bien et du mal, du devoir et du sacrifice, afin de tremper leurs caractères. La génération qui succèdera à la nôtre sera ce que cet enseignement la fera. Or, la transition d'une génération à une autre se fait rapidement. Les paroles

du ministre de l'Instruction publique méritent d'être entendues ; nous espérons qu'elles le seront. »

Profondément secouée dans ses fondements moraux, la société japonaise vacille sur ses fondements politiques. La clef de voûte de l'ancien Japon était la divinité de l'Empereur. Les Japonais croyaient comme en un dogme à l'essence divine du Mikado. L'Empereur est tout et le reste n'est rien ; c'est pour lui que l'on vit, que l'on pense et que l'on veut, c'est pour lui que l'on meurt. De tout temps, il n'y eut au Japon qu'une seule pensée et une seule volonté : la pensée et la volonté du Mikado ou de ses conseillers. C'est grâce à cette vie collective, parfaitement une, que le Japon a pu réaliser les changements merveilleux dont l'Europe stupéfaite a été témoin pendant ce dernier quart de siècle.

Aujourd'hui, le dogme constitutif de l'ancien Japon est miné, et menace de s'écrouler. L'élite n'y croit plus ; mais, consciente des conséquences redoutables qu'entraînerait sa disparition, elle affecte, dans les circonstances les plus solennelles, une foi depuis longtemps disparue.

Depuis 1898, le portrait du Mikado est officiellement et cérémonieusement adoré dans toutes les écoles japonaises. Dès que la guerre avec la Russie fut déclarée, les délégués du gouvernement l'annoncèrent officiellement aux ancêtres du Mikado, dans le temple du Soleil. Dans son récit officiel de la bataille de Tsoushima, l'amiral Togo déclare qu'un semblable succès n'eût pu être obtenu sans la protection des ancêtres de l'empereur.

Mais ces efforts sont impuissants contre la marée montante du scepticisme. L'instruction obligatoire, instaurée par ce même gouvernement, dernier rempart des antiques divinités, a porté ses fruits. A M. Naudeau, qui demandait à l'un des chefs du socialisme japonais, si le peuple croyait encore à la divinité de l'empereur,

il fut répondu : « Oui, la masse du peuple y croit encore d'une manière vague. L'habitude si occidentale de vouloir aboutir, sur tout sujet, à une conclusion ferme est étrangère à l'esprit de notre race. Nous, Japonais, nous juxtaposons nos pensées, nous sentons moins que vous la nécessité, quand nous adoptons une idée, d'éliminer celles de nos idées antérieures qui pourraient gêner l'épanouissement de la nouvelle venue.

» La jeunesse instruite elle-même ne songe point à nier l'origine céleste de l'Empereur. Si son intelligence positive peut l'empêcher d'admettre ce mythe, son sentiment la pousse, par contre, à rechercher, dans la subtilité de ses pensées, une affinité possible entre les forces créatrices du monde et le souverain qui gouverne le Japon. Certes, il y a là une contradiction, mais tel est l'esprit japonais. »

Le professeur Iso Abe va plus loin : il propose de faire du dernier Mikado une relique sacro-sainte, un dieu honorifique.

Miné par en haut, l'ancien édifice social du Japon craque également par en bas. L'Europe a passé insensiblement du régime économique féodal au régime moderne. Les grands problèmes sociaux se sont posés graduellement les uns après les autres et, s'ils n'ont pas toujours été résolus, du moins on a eu le temps de chercher d'heureux palliatifs. Au Japon, au contraire, la transformation a été foudroyante. L'Empire du Soleil-Levant est passé brusquement du régime féodal au régime du machinisme. Il s'en est suivi une perturbation profonde dans l'état social du pays.

Voici que le peuple japonais a fait sienne la déclaration des droits de l'homme et les idées égalitaires le pénètrent de plus en plus. Malgré les efforts du gouvernement, les doctrines socialistes ont pénétré au Japon et y ont trouvé immédiatement un très grand nombre d'adhérents. D'ailleurs, l'organisation du parti socia-

liste y est favorisée par le nombre prodigieux de corporations qui ont existé de tout temps au Japon. Elles offrent aux agitateurs des centres d'action et des ressources toutes prêtes.

En 1898, le gouvernement s'est décidé à sévir contre les créateurs de l'agitation ouvrière. Chassés du pays, ils se sont établis à San Francisco, où ils ont créé le « Parti socialiste japonais d'Amérique », dont le but est de s'inspirer des doctrines européennes, pour les faire rayonner sur tous les groupements ouvriers du Japon. Cette association publie un journal et édite des brochures qui sont portées au Japon par les missionnaires de la bonne parole. Les traductions du *Looking Backward* de Bellamy, celles de l'*Évolution sociale* de Kiddi ont trouvé un accueil très favorable dans les classes intellectuelles de l'Empire.

Beaucoup de jeunes penseurs, appartenant à la meilleure société, prétendent approfondir les doctrines socialistes. Encouragés par le succès de leurs efforts, ils s'étaient décidés à aborder le domaine pratique en s'organisant en un parti politique appelé Shakaï Menshu-to, ou parti social démocratique. Mais leur manifeste comprenait une si formidable liste de réformes politiques, sociales et économiques, d'un caractère si radical, que les autorités ont jugé nécessaire, non seulement d'en prohiber la publication, mais de dissoudre le nouveau parti, comme contraire aux lois du pays.

Le mal n'a donc pas échappé à l'œil vigilant des hommes d'État nippons. Le 9 juin 1903, le Ministre de l'Instruction publique, M. Makino, adressait à tous les directeurs et professeurs des écoles de l'Empire, une circulaire où il disait :

« Depuis quelque temps les publications qui exposent de dangereuses théories, des vues pessimistes ou décrivent des sentiments abjects, se sont multipliées au grand préjudice des étudiants. C'est pourquoi ceux qui

en ont la charge doivent apporter un grand soin à l'examen des livres qui leur conviennent, à ne leur mettre entre les mains que les publications qui peuvent leur faire du bien, et à proscrire, à l'intérieur des écoles, celles qui peuvent leur être nuisibles.

» Ces derniers temps aussi, nous voyons propager partout les théories extrêmes du socialisme ; et nous avons entendu dire qu'on usait de toutes sortes de moyens pour égarer les esprits et des professeurs et des élèves ; on ne peut songer sans frémir à ce que deviendrait le pays, si, par la diffusion dans les écoles de ces idées subversives de la société, on venait à ébranler les fondements mêmes sur lesquels repose notre éducation. Aussi, est-ce le devoir particulier des éducateurs de se montrer vigilants et zélés afin de rejeter ces erreurs et de prévenir l'infiltration du poison. »

Il est commun de parler de l'européanisation du Japon. Mais cette européanisation est toute factice. Le Japon n'a pris que le revêtement extérieur de notre civilisation : il nous a emprunté nos sciences, nos industries, notre organisation économique, mais l'élément moral de notre culture, ce qui en est l'âme, ce sans quoi elle n'est rien, il l'a laissé de côté. Le Japon souffre parce qu'il se trouve dans un état anormal. Les hommes d'État du Daï Nippon ont voulu — œuvre impossible — adapter à leur pays nos lois et nos institutions sans reconnaître nos idées morales (1). Les Japonais intelligents voient clairement le mal, mais ils divergent d'opinion sur les remèdes. Dans une étude très fouillée, intitulée *La civilisation occidentale au Japon*, le docteur Otsuka a posé nettement le problème : « Jusqu'où le Japon a-t-il été dans l'adoption de la civilisation européenne et jusqu'où, toutes choses considérées, est-il désirable qu'il aille dans cette direction ? Quelles sont

(1) De la Mazeillière, *Essai sur l'histoire du Japon*. 457. Paris, 1904.

les parties de cette civilisation qu'il s'est déjà assimilées, et quelle influence cette introduction a-t-elle eue sur le peuple et sur le pays? » et à la question de savoir si sa patrie doit aller de l'avant dans son assimilation de l'idéal occidental, le sociologue japonais répond : « Les hommes politiques ne se sont pas encore prononcés nettement, mais les éducateurs, les savants et les moralistes ont choisi ; ils se séparent en deux camps opposés. Partout de graves questions sont soumises à notre examen : devons-nous conserver nos coutumes, nos traditions : ou devons-nous imiter les Européens ? Le foyer occidental sera-t-il notre modèle, ou garderons-nous, comme un dépôt précieux, nos anciennes mœurs, notre antique vie domestique ? Quelle position allons-nous faire à la femme ? Sera-ce celle des Américaines, celle de la Française, de l'Allemande, de l'Anglaise? Ou bien prendrions-nous les modèles de vertu et de charme féminins dans notre histoire nationale ? En éducation, en morale, en esthétique, les Orientaux ont un idéal différent de celui des Occidentaux. Les deux principes sont opposés et inconciliables. Nos penseurs, malgré eux, combattent pour l'un ou pour l'autre. »

Certains des grands penseurs du Nippon vont plus loin et ils mettent, selon nous, le doigt sur la plaie. Sagaces observateurs, ils écartent les questions de détail, ils distinguent l'essentiel de l'accessoire et ils affirment hardiment que la crise dont souffre le Japon est une crise religieuse. C'est M. Sawayanagi, vice-ministre de l'Instruction publique, qui déclare dans ses écrits comme dans ses discours que « l'éducation doit avoir pour base la religion ». C'est M. Tanimoto Monu, professeur à l'université de Kyoto, qui écrit que « sans le frein religieux, l'homme ne peut rien ». C'est M. Yamaji Aisan qui, dans un ouvrage remarquable que nous venons de parcourir et dans lequel il décrit la situation faite au christianisme au Japon depuis la restauration,

déclare « qu'un tel état de choses amènera les Japonais à embrasser la foi chrétienne, qui a été celle de tous les peuples civilisés. » Et puis, ajoute-t-il, « nous fonderons des églises indépendantes des missionnaires étrangers. Déjà, de bons résultats ont été obtenus dans cette voie, plusieurs églises n'admettent plus les secours pécuniaires des sociétés évangéliques de l'étranger, d'autres jouissent déjà d'une entière autonomie, purement japonaise. Quand toutes en seront là, la question de savoir si nous aurons un christianisme japonais sera résolue. Que tous ceux qui ont à cœur un succès qui honore le pays se mettent résolument à l'œuvre ». C'est encore le Giji Shimpo, le grand organe japonais, qui, dans son numéro du 5 avril 1908, écrit que « le christianisme, grâce à l'aide fournie par une association puissante, pourra, nous l'espérons, mieux que par les efforts isolés du passé, faire briller au Japon dans les œuvres de bienfaisance son idéal de charité et faire apprécier sa doctrine ».

La solution de la question de l'enseignement au Japon est solidaire de la solution du problème moral.

Th. Gollier.

LES PORTS

ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE [1]

XXIII

BRÊME

De tous les ports de la mer du Nord, Brême est celui qui a eu le plus à lutter pour maintenir son existence et accroître son chiffre d'affaires. La vieille ville du Wéser ne peut prétendre égaler les places de commerce de premier rang comme Londres et Hambourg ; elle n'en offre pas non plus l'agitation et le mouvement. Sa population dépasse à peine 215 000 habitants : le calme de ses rues, l'antiquité de ses monuments, la façade ouvragée de son Rathaus, la Bourse et le grand Dom roman qui encadrent son étroite et paisible grand'place rappellent plutôt les souvenirs de la cité hanséatique du XIIIe siècle. Mais, sous cet extérieur reposé et indifférent, Brême a gardé la ténacité de la race saxonne, l'amour des choses de la mer et l'esprit mercantile des vieux hanséates.

Malgré ses trois rivaux, Hambourg, Anvers et Rot-

(1) Voir la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 3e série, t. IX, avril 1906, p. 357 ; t. X, juillet 1906, p. 110 ; t. XI, avril 1907, p. 494 ; t. XII, juillet 1907, p. 86 ; t. XIII, avril 1908, p. 461 ; t. XIV, juillet 1908, p. 55 ; octobre 1908, p. 475 ; t. XV, janvier 1909, p. 92.

terdam, le port, par son tonnage et son commerce, a acquis, tant au point de vue allemand qu'au point de vue international, une importance considérable.

Trois obstacles ont retardé et entravé sa marche en avant : en aval de la ville, l'état du Wéser impraticable à la grande navigation maritime ; en amont du port, l'insuffisance de profondeur de ce cours d'eau privant Brême du plus puissant moyen d'action dans son hinterland ; enfin, la pauvreté de l'hinterland lui-même.

L'estuâire du Wéser, entre Brême et la mer, était loin d'offrir à la grande navigation les mêmes facilités que l'Escaut ou la Tamise. Pour remonter jusqu'à Brême (124 km.) les navires étaient réduits à passer sur des hauts-fonds recouverts au plus de 2 à 3 mètres d'eau. Dans ces conditions, la déchéance du port était certaine. Il fallait ou se résigner à la décadence ou entreprendre à tout prix dans le cours inférieur du fleuve des travaux de régularisation et d'approfondissement. En 1888, après de longues négociations entre Brême, le Hanovre, la Prusse et l'Oldenburg, Franzius put enfin mettre ses projets à exécution. Sept ans plus tard, 35 millions de marks avaient été dépensés et l'on avait ouvert jusqu'à Brême un chenal de 5.50 mètres de profondeur à marée haute (1). Ces résultats forcèrent la ville hanséatique à renoncer au grand trafic d'outre-mer où Bremerhaven l'a de plus en plus remplacée. Mais sur les 55 kilomètres qui séparent Bremerhaven de la mer, les navires ont deux barres à franchir,

(1) La régularisation du Wéser a marqué dans les annales de l'hydraulique parce qu'elle a constitué la première application qui ait été faite d'un ensemble de principes, d'une théorie complète sur les rivières à marée. Tout, en effet, dans le plan de Franzius avait été soumis au calcul et à des règles dérivant d'une théorie rationnelle. Rien n'avait été laissé à l'arbitraire. Les solutions étaient basées sur une connaissance complète et approfondie du cours de la rivière, des actions du flot et du jusant, des vitesses de propagation de la marée, de son amplitude aux divers points du fleuve, enfin et surtout des débits en chaque section et de la vitesse des courants. — ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS DE BELGIQUE, t. XLVI.

éloignées l'une de l'autre de 18 kilomètres. Grâce aux puissantes dragues qui ont approfondi les passes dangereuses, les vapeurs trouvent un minimum de 8 m. à marée basse. Comme l'amplitude de la marée atteint 3,50 mètres, les transatlantiques du type Kaiser remontent facilement jusqu'à Bremerhaven. Brême se propose cependant de creuser encore le Wéser de façon à permettre aux navires calant 7 mètres de se rendre en une marée de Brême-Ville à la mer.

Les chiffres suivants permettent de suivre le développement de la navigation maritime à Brême et à Bremerhaven.

	Navires arrivés à Brême	*Tonnage*
1880	993	62 000 T.
1890	1137	173 000
1895	1731	651 000
1900	2108	895 000
1902	2273	1 100 000

En 1902, Brême recevait plus de marchandises par mer que tous les ports du Wéser vingt ans auparavant.

A Brême-Ville, de 1888 à 1908, grâce aux travaux de correction, le tonnage est devenu treize fois plus fort.

	1903		1905		1907	
	Navires entrés	*Tonnage*	*Navires*	*Tonnage*	*Navires*	*Tonnage*
Brême	2326	1 114 000	2339	1 178 000	2523	1 473 000
Bremerhaven (1)	1513	1 561 000	1642	1 710 000	2148	2 092 000

Comparons les progrès de Brême et la rapidité de son développement à ceux des trois ports concurrents.

(1) Il est entré en 1907 dans les ports du Wéser (Brême, Bremerhaven, Nordenham, Geestemünde, etc.) pour compte brêmois 5208 navires jaugeant 4 000 000 de tonnes. Les ports brêmois (Brême, Bremerhaven et Vegesack) y figurent pour 4709 navires et 3 570 000 tonnes.

	1860	1877	1887	1897	1907
Hambourg	946 000	2 234 000	3 920 000	6 708 000	12 000 000 T.
Brême	400 000	947 000	1 420 000	2 246 000	4 000 000
Rotterdam	593 000	1 411 000	2 120 000	5 410 000	10 500 000
Anvers	547 000	2 450 000	3 660 000	6 210 000	11 200 000

De 1860 à 1907 le mouvement de Hambourg est donc devenu treize fois plus fort, celui de Rotterdam et d'Anvers dix-neuf fois plus fort, celui de Brême a décuplé.

Quels sont les grands courants commerciaux qui convergent vers Brême ?

	Brême		Hambourg	
Entrées	*Navires*	*Tonnage*	*Navires*	*Tonnage*
Mouvement général	5208	4 000 000	15 778	11 000 000
Nav. arrivés de ports allemands	2380	634 000	5922	1 048 000
» d'Angleterre	824	573 000	4243	3 182 000
» de Belgique et de Hollande	210	93 000	737	446 000
» d'autres ports européens	1153	478 000	3047	1 757 000
» de l'Amérique du Nord	385	1 435 000	471	1 749 000
» d'autres ports américains	163	393 000	617	1 416 000
» d'Afrique	23	29 000	306	562 000
» d'Asie	117	324 000	289	756 000
» d'Australie	31	130 000	46	123 000
» de ports européens	4490	1 782 000	14 049	6 400 000
» de ports transatlantiques	719	2 314 000	1729	4 600 000

Le mouvement maritime de Brême avec les pays d'outre-Atlantique est donc relativement plus considérable que celui de Hambourg. En ce qui regarde les relations avec l'Australie, l'importance des deux ports est la même, tandis que pour l'Asie le mouvement de Hambourg est le double de celui de Brême.

Ce sont les États-Unis qui donnent à Brême sa note caractéristique ; le tonnage américain de Brême est à peu près égal à celui de Hambourg, mais celui-ci ne représente que le 1/6 du tonnage total alors qu'à Brême il dépasse le 1/3. Dans l'Amérique du Sud et du Centre au contraire, Hambourg est près de quatre fois plus fort que Brême.

Quant à la part qui revient dans le mouvement

général de la navigation aux différents pavillons, elle se présente comme suit :

Pavillons	Navires entrés	Tonnage	Pour cent
Brêmois	2702	2 316 000	48 (1)
Autres allemands	1173	112 000	9
Anglais	611	962 000	24
Norvégiens	148	93 000	2,5
Danois	79	56 000	

Le trafic sur le Wéser a toujours été le point vulnérable du commerce brêmois. Comparé à l'Elbe et au Rhin, le Wéser ne leur est pas seulement inférieur sous le rapport de la longueur et de la profondeur, mais il présente en outre le grave inconvénient de n'avoir pour ainsi dire aucun affluent navigable et de n'être rattaché par un canal à aucun autre cours d'eau.

Le tableau suivant fait saisir l'infériorité du Wéser vis-à-vis des autres voies fluviales de l'Empire.

Cours d'eau	Point de départ de la navigation	Longueur de la section navigable jusqu'au port de mer	Affluents	
Rhin	Bâle	1000 km.	Moselle Saar Neckar Main Ruhr Lippe	1100 km. de parcours navigable.
Elbe	Melnik	835	Saale Havel Spée	600 km.
Wéser	Münden	365	Aller Leine	200 km.

(1) Brême est la vraie patrie des marins allemands. Des trois navires-écoles existant en Allemagne, l'un le voilier « Grossherzogin Elisabeth » appartient au Deutscher Schulschiffverein, les deux autres « Herzogin Sophie Charlotte » (lancé en 1900) et « Herzogin Cecilie » (lancé en 1902) appartiennent au

Le Wéser est formé de deux affluents principaux : la Fulda, qui traverse l'antique cité de S. Boniface à laquelle elle donne son nom, et la Werra, la plus importante des deux rivières, qui descend du Thüringer Wald. Münden se trouve à la jonction des deux vallées ; c'est là que commence la navigation à vapeur. Un peu en aval de Hameln, port déjà fréquenté par des embarcations à voiles, le Wéser pénètre dans la grande plaine de l'Allemagne du Nord. Verden est la dernière ville de quelque importance que l'on rencontre avant d'arriver à Brême ; elle n'est pas bâtie sur le Wéser même, mais sur l'Aller, un de ses affluents de droite.

Depuis Münden jusqu'à Brême, le fleuve a une longueur de 365 kilomètres et sa largeur passe de 60 à 120 mètres. Plus de la moitié du bassin supérieur est formé de pays montagneux et très accidentés ; aussi les crues se produisent-elles rapidement et sont-elles relativement considérables. La hauteur des eaux varie avec les saisons. C'est à l'époque de la fonte des neiges, en février et en mars, que les eaux atteignent la cote 4 mètres à l'échelle de Brême. En automne, malgré les grandes chutes de pluie, elles ne dépassent pas 3 mètres. Depuis ces crues d'automne jusqu'à celles du printemps, la hauteur des eaux se maintient à peu près entre les cotes de 1 à 2 mètres. Vers mai, quand on entre dans la période de sécheresse qui dure jusqu'en octobre, elle descend parfois à $0^{m}.80$. Ce peu de profondeur du fleuve constitue le principal empêchement au développement du trafic sur le haut Wéser. Sa canalisation est subordonnée à l'exécution du Mittellandkanal. Or, la décision de ne pas conduire ce canal au delà de Hanovre a eu pour effet de provoquer le

Norddeutscher Lloyd. Le premier forme des matelots, les deux autres des cadets, futurs officiers du Lloyd. Ce sont des autorités brêmoises et oldenbourgeoises qui en 1901 ont fondé le Deutscher Schulschiffverein auquel d'ailleurs le Norddeutscher Lloyd est spécialement intéressé.

retrait de l'offre de l'État de Brême de procéder à ses frais (55 millions de francs) à la canalisation du Wéser entre Brême et son point de jonction avec le canal du projet primitif. La communication directe avec l'Elbe aux environs de Magdebourg était le rêve entrevu depuis des années. Cependant, après de nouveaux pourparlers avec la Prusse, on a abouti à la convention du 21 mai 1906. Il sera fait un raccordement entre le canal et le Wéser, à condition que Brême supporte jusqu'à concurrence de 8 250 000 francs une part des travaux de régularisation du Wéser en aval de Hameln, à condition aussi que Brême entreprenne à ses frais ou pour une quote-part déterminée certains travaux de barrage et de canalisation dans les contrées du Wéser supérieur.

Au mois d'août 1906, a été inauguré le port de transbordement de Hann-Münden. Parmi les concours pécuniaires, figure en première ligne celui du Lloyd de Brême qui a un intérêt majeur à voir se développer sur le Wéser une navigation fluviale susceptible de lui amener un fret abondant. Aussi cette Compagnie s'intéresse-t-elle vivement à tous les efforts faits en vue d'améliorer le cours du fleuve et celui de ses affluents.

Navigation fluviale sur le Haut-Wéser

Arrivées à Brême

	Bateaux	Jauge tonnes	Marchandises tonnes	Valeur marks
1903	2136	396 000	496 000	20 000 000
1905	2150	481 000	500 000	22 000 000
1907	2353	675 000	560 000	31 000 000

Départs de Brême

1903	2065	391 000	274 000	32 000 000
1905	2119	481 000	290 000	37 000 000
1907	2357	684 000	315 000	48 000 000

Comparons le mouvement de l'Elbe supérieure. Hambourg importe par la voie de l'Elbe 4 millions de tonnes de marchandises d'une valeur de 650 millions de marks; il exporte par la même voie 5 500 000 tonnes valant 1 milliard de marks (1).

En poids, le mouvement commercial de l'Elbe est donc, à la descente, sept fois plus fort et, à la remonte, dix-sept fois plus fort que celui du Wéser. Aussi, à l'inverse de ce qui a lieu à Hambourg, les transports par voie ferrée dépassent le rendement de la voie fluviale.

Par chemin de fer, Brême est relié au N.-O. au port d'Emden, viâ Oldenburg et Leer; au S.-O. au district de la Ruhr et au réseau hollandais, viâ Osnabrück, Münster, Oberhausen et Wesel; à l'E. à Hambourg; au S. à Berlin, à Brunswick, à Hanovre et à l'Allemagne centrale.

Par voie ferrée

sont arrivées à Brême en 1907, 1 681 000 tonnes valant 525 millions de marks
sont parties de Brême » » 1 651 000 » » 850 » » »

Hambourg reçoit par chemin de fer, en valeur comme en poids, trois fois plus que Brême, mais au point de vue de l'expédition des marchandises par rail à l'intérieur du pays, la différence entre les deux centres distributeurs est en somme assez peu importante.

Quelles sont les ressources et quels sont les besoins de l'hinterland brêmois ? Cet hinterland est en grande partie, et surtout dans le voisinage de Brême, très peu peuplé. Ce n'est qu'à de grandes distances, et en des points situés déjà dans la zone d'attraction des fleuves rivaux, que l'on rencontre des entreprises minières

(1) Voici le mouvement de la navigation fluviale à Anvers pour l'année 1907 :

	Bateaux	Tonnage	Marchandises
Entrées	37 300	7 385 000 T.	1 477 000 T.
Sorties	36 400	7 384 000	1 826 000

et des établissements industriels. Les manufactures locales ne peuvent guère alimenter un grand courant d'exportation : Brême abrite des filatures et des tissages de laine et de jute, des fabriques de linoléum, de cigares, des brasseries, des huileries (1).

La nature s'est montrée peu prodigue de ses dons à la partie de l'Allemagne qui s'étend de l'embouchure de l'Elbe à la frontière hollandaise : ni houille, ni métaux dont l'extraction puisse nourrir une population dense : point d'agriculture ou d'exploitation forestière qui compensent la pauvreté du sous-sol. Des étendues sablonneuses et stériles, coupées de bouquets d'arbres dans les bas-fonds humides, des bruyères, de maigres pâturages, quelques sapinières et de nombreux marais forment tout l'horizon et toute la richesse de cette plaine mi-végétale, mi-aquatique de l'Allemagne septentrionale.

Le Wéser supérieur ne traverse ni de très grandes villes, ni d'importants centres de fabrication : Brême ne doit, en somme, son origine comme place de commerce qu'à cette circonstance que le Wéser coupe en deux parties presque égales la bande de territoire d'environ 400 km. qui sépare la vallée du Rhin des bords de l'Elbe.

Pour diminuer dans la mesure du possible les réels inconvénients de cette situation géographique, et en vue de s'assurer un abondant fret de sortie, Brême a commencé, à Oslebshausen, la construction d'un port d'industrie. Le but de cette entreprise est avant tout de créer dans le voisinage immédiat de la ville un vaste emplacement pour l'installation d'usines travail-

(1) Parmi les entreprises industrielles de Brême, les constructions navales jouent aussi un rôle très important : cinq grands chantiers sont installés sur les bords du Wéser et de la Geeste. En 1907, ces cinq chantiers, Bremer Vulcan, Wéser, Tecklenborg, Rickmers et Seebeck, ont livré 49 bâtiments jaugeant 84 300 tonnes. Ils emploient au delà de 10 000 ouvriers.

lant surtout pour l'exportation. Ce port, accessible non seulement à la batellerie fluviale, mais principalement aux vapeurs de mer, comprendra un long bassin de 2500 mètres auquel viennent aboutir 5 darses de 350 à 1100 mètres de longueur sur 100 mètres de largeur. Toutes ces darses seront entourées de voies carrossables et de voies ferrées les reliant directement aux grandes lignes rayonnant de Brême. Entre chaque dock, sur de larges terre-pleins s'élèveront les fabriques et les usines mises ainsi en communication, d'un côté, avec le Wéser et la mer, de l'autre, avec le chemin de fer et l'hinterland brêmois. Ces travaux sont estimés à 25 millions de francs.

Jusqu'à présent les installations de Brême-Ville ne comprennent que les bassins I et II qui forment le port franc, le « Holz-und Fabrikhafen » et le « Hohentorshafen » situés en territoire douanier.

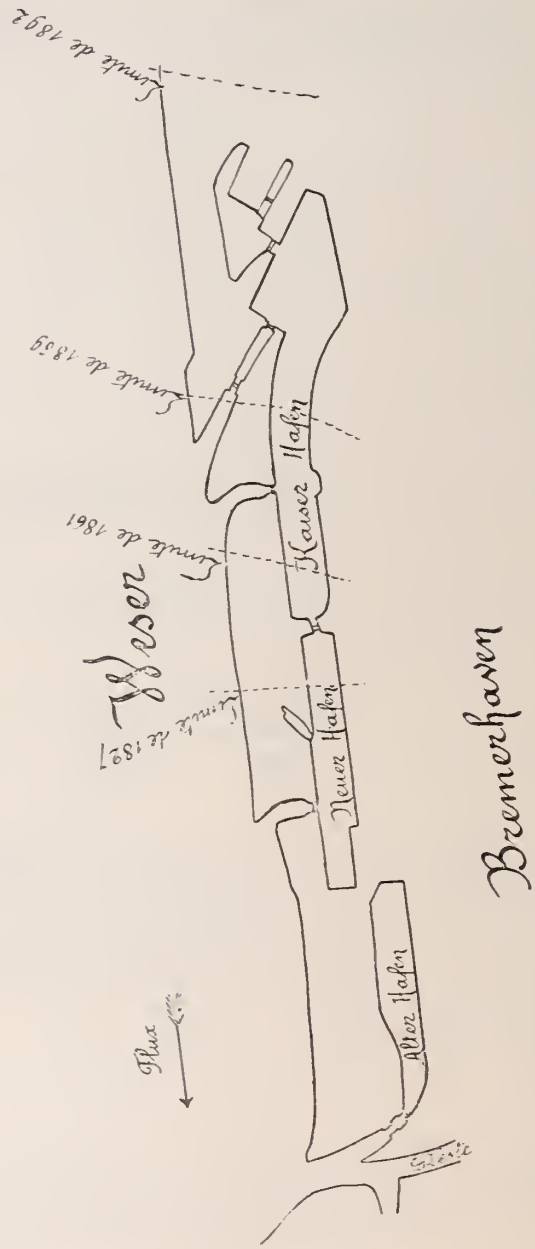
Tous ces bassins communiquent directement avec le Wéser sans porte d'écluses.

	Date d'inauguration	Longueur	Largeur
Bassin I	1888	2000 m.	120 m.
Bassin II	1906	1700 »	110 »
Holz-und Fabrikhafen	1891	1170 »	80 »

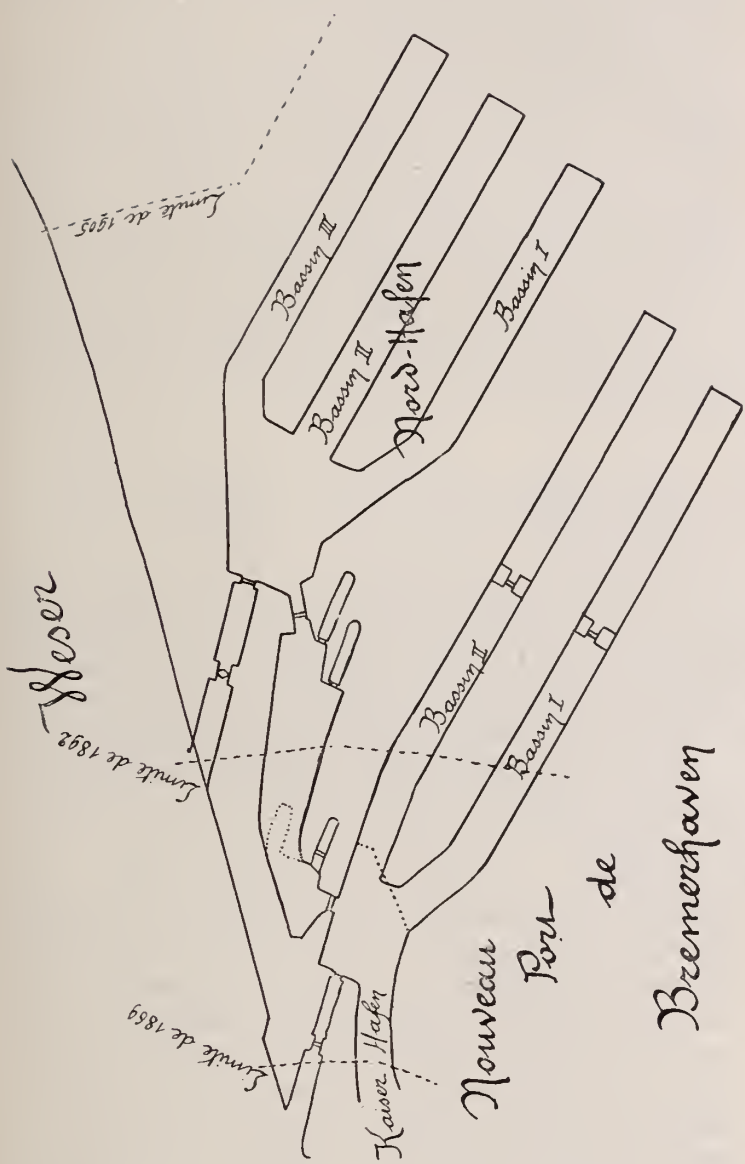
C'est à Brême que sont situés la majeure partie des magasins, qu'ont lieu la plupart des manutentions et que se trouve le marché commercial. Le transport entre Brême et Bremerhaven se fait par chalands ou allèges, chaque grande Compagnie possédant, à cet effet, son matériel spécial.

En 1907, il est arrivé à Brême, par le Bas-Wéser, 6500 bateaux fluviaux jaugeant 1 191 000 tonnes. Ce mouvement comprend surtout les marchandises que débarquent ou qu'embarquent à Bremerhaven les vapeurs du Norddeutscher Lloyd, qui, en raison de leur fort tirant d'eau, ne remontent pas à Brême.

INSTALLATIONS ACTUELLES DE BREMERHAVEN



Bassins, surface d'eau, 40 hectares. *Quais et talus*, 7500 mètres.



Bassins, surface d'eau 132 hectares. *Quais et talus*, 18 000 mètres.
Ensemble : *Bassins*, 172 hectares. *Quais et talus* 25 500 mètres.

Les autres bateaux sont surtout des chalands à charbon du canal de Dortmund à l'Ems, ou des allèges portant les bois de la Baltique.

A Bremerhaven, l'aspect est tout différent : on se trouve en bordure d'un véritable bras de mer, mais il suffit de jeter un regard sur le Kaiserhafen, où s'amarrent les grands paquebots du Lloyd brêmois, pour comprendre l'impérieuse nécessité d'un agrandissement. Ce bassin est fort incommode pour l'évolution des énormes transatlantiques. Le Kaiser-Wilhelm II à son quai de déchargement écrase littéralement ce modeste plan d'eau de ses formidables proportions. Jusqu'à présent, les installations de Bremerhaven comprennent :

le Kaiserhafen	21 hectares	3000 m. de quai
le Neuer Hafen	8 »	1800 » »
l'Alter Hafen	7 »	1600 » »

A cause de l'amplitude de la marée ($3^{m},50$) tous ces bassins sont à écluse, mais devant le Kaiserhafen a été construit un grand quai débarcadère qui permet aux passagers de quitter le bord en tout état de marée.

Ces installations dont l'achèvement remonte à peine à dix ans, ne sont cependant plus jugées suffisantes en face des dimensions et du tirant d'eau des derniers transatlantiques construits.

D'ailleurs, les bassins ne possèdent qu'une seule écluse assez vaste pour permettre l'entrée et la sortie des très grands paquebots. La création d'une écluse de réserve plus grande que la première s'impose absolument. Les docks et les ateliers qui servent à l'entretien et à la réparation de la flotte du Norddeutscher Lloyd et qui sont situés près des anciens bassins de Bremerhaven, ne répondent plus aux exigences du moment et leur emplacement n'est pas favorable. Il a été décidé qu'on les reporterait sur un point où leur agrandisse-

ment futur soit praticable ; la construction d'une seconde cale sèche dépassant les dimensions du Kaiserdock (225 mètres) est devenue aussi nécessaire.

Pour réaliser ces divers projets, Brême, à la suite d'une convention conclue le 31 juillet 1905 avec la Prusse, a procédé à un échange de territoires : Brême a cédé à la Prusse une étendue de terrains situés à l'est de la ville, et la Prusse de son côté lui a abandonné des terrains d'une superficie à peu près égale situés au nord de Bremerhaven. De ces 587 hectares 517 sont destinés aux nouveaux bassins, et 32 à l'agrandissement de la ville de Bremerhaven. L'État de Brême a dû acquérir des propriétaires particuliers la propriété foncière des terrains où sera installé le nouveau port.

Depuis l'achat en 1827, par le bourgmestre Schmidt, du premier territoire de Bremerhaven d'une étendue de 100 hectares, Brême a obtenu successivement en 1862, 26 hectares, en 1869, 37 hectares, en 1892, 115 hectares, soit, depuis la fondation de l'avant-port, un total de 278 hectares. La superficie des 587 nouveaux hectares est donc plus du double de tout ce que Brême avait acquis jusqu'à présent.

La ville libre est le plus petit des vingt-six États qui forment l'Empire d'Allemagne ; son territoire ne comprend pas 260 kilomètres carrés (1), sa population atteint 300 000 habitants, et sa dette approche des 300 millions de francs. C'est l'obligation de maintenir libre l'accès à la mer qui a contraint Brême à obérer ainsi son budget. Elle l'a fait en s'inspirant de sa vieille devise : *Navigare necesse est, vivere non necesse.*

L'administration brêmoise a divisé en deux séries bien distinctes le plan des travaux à exécuter.

La première comprend ceux qui devront être effec-

(1) L'État de Hambourg couvre 415 kilomètres carrés et la Prusse 398 000.

tués pendant les douze premières années ; la seconde les agrandissements qui pourront devenir nécessaires avant 1950.

Les travaux de la première catégorie comprennent :

1° Deux bassins juxtaposés au Kaiserhafen, dont l'un (Kaiserhafen II) aura une longueur de 500 mètres et une largeur de 125, et l'autre (Kaiserhafen III) une longueur de 600 mètres et une largeur de 150 mètres.

2° Un port de communication (Verbindungshafen), se rattachant à l'avant-port actuel du Kaiserdock, et sur la rive Est duquel on établira une grande cale sèche.

3° Un nouveau bassin (Nord-Hafen) avec son avant-port et une nouvelle écluse.

La seconde série des travaux comporte la construction de trois darses qui déboucheront dans le nouveau Nord-Hafen et qui auront chacune 1500 mètres de longueur ; elle prévoit aussi le prolongement sur une même longueur des deux bassins Kaiserhafen II et III.

Les travaux ont été commencés pendant l'été de 1907. Les modifications en voie d'exécution ou projetées auront pour effet de porter en douze ans de 7500 mètres à 12 300 la longueur des quais, murs et talus des bassins ; dans cinquante ans cette longueur atteindra 25 600 mètres. Les surfaces mouillées des bassins de Bremerhaven qui sont actuellement de 40 hectares passeront, en douze ans, à 75, et en cinquante ans, à 172 hectares.

Une somme de 62 millions de francs a été votée pour les travaux de la première série ; pour l'exécution complète de la deuxième partie du plan, la dépense prévue se montera à 71 millions de francs, de sorte que la dépense totale peut être évaluée à environ 115 millions de francs.

L'État de Brême a conclu aussi une convention avec le Norddeutscher Lloyd qui s'engage à lui payer un intérêt de 3,5 % sur les dépenses qu'entraîneront les

agrandissements des bassins de Bremerhaven dont il aura l'usage et non le monopole. Cette convention est analogue à celle que l'État de Hambourg a passée avec la Hamburg-Amerika, qui pour ses installations du Kuhwärder lui doit un loyer annuel de 1 million de marks.

Tableau général du commerce maritime de Brême

	Importations				Exportations			
1903	2 592 000 T.	884	millions	de mk.	1 882 000 T.	535	millions	de mk.
1905	2 896 000 »	958	»	»	1 917 000 »	602	»	»
1907	3 500 000	1259	»	»	2 145 000 »	872	»	»

Cette *importation* (1907) comprend :

1 850 000 T. venues d'Europe, valant 270 millions de marks.

1 650 000 T. venues des pays d'Outre-Mer, valant 989 millions de mk.

Provenances principales

Tonnes	Milliers de marks	Tonnes	Milliers de marks
686 000 d'Angleterre	75 000	1 000 000 des États-Unis	694 000
600 000 de Russie	63 000	60 000 d'Australie	87 000
280 000 de Hollande	26 500	238 000 des Indes	66 000
140 000 de Scandinavie	7 500	162 000 de la Plata	66 000

L'*exportation* comprend :

918 000 T. venues d'Europe, valant 484 millions de marks.

1 227 000 T. vers les pays d'Outre-Mer, valant 388 millions de marks.

Destinations Principales

Tonnes	Milliers de marks	Tonnes	Milliers de marks
145 000 vers l'Angleterre	144 000	450 000 vers les États-Unis	218 7000
121 000 vers la Russie	95 000	50 000 vers l'Australie	27 000
77 000 vers la Scandinavie	22 000	80 000 vers la Plata	24 000
283 000 vers la Hollande	21 700	36 000 vers les Indes	13 000

Mettons en regard le mouvement commercial de Hambourg, Brême et Anvers :

	Hambourg	Anvers	Brême
Marchandises importées par mer	13 millions de tonnes 3 1/2 milliards de marks	8 800 000 tonnes 2 790 000 000 fr. (1)	3 500 000 tonnes 1 259 000 000 mk.
Marchandises exportées par mer	7 millions de tonnes 3 milliards de marks	5 600 000 tonnes 2 290 000 000 fr. (1)	2 145 000 tonnes 872 000 000 mk.

Le commerce de Brême avec l'Empire, avec l'hinterland national, a atteint le chiffre de 1 milliard et demi de marks pour 4 710 000 tonnes de marchandises.

L'importation venant d'Allemagne comprend :

2 470 000 tonnes 625 000 000 de marks.

L'exportation vers l'Allemagne :

2 240 000 tonnes 887 000 000 de marks.

Examinons d'abord la fonction régionale de Brême. Quelles sont les marchandises d'importation que l'Allemagne reçoit par Brême, et celles qu'elle fournit pour l'exportation ?

En 1907, Brême a envoyé en Allemagne 2 240 000 tonnes de marchandises valant 887 millions de marks. La valeur de l'exportation de Brême en Allemagne est donc sensiblement égale à la valeur de son exportation maritime qui atteint 872 millions de marks.

En poids comme en valeur, c'est environ le tiers de ce que l'Allemagne reçoit par Hambourg.

Cette importation de 2 240 000 T. se décompose en :

1 150 000	tonnes	de produits alimentaires	valant	252	millions	de	marks
185 000	»	de combustible et de matériaux	»	4	»	»	»
855 000	»	de produits bruts et mi-ouvrés	»	576	»	»	»
50 000	»	de produits industriels achevés	»	55	»	»	»

(1) Dans cette somme figurent aussi les valeurs des 1 477 000 et 1 826 000 T. embarquées et débarquées par la batellerie fluviale. En tenant compte de cet excédent, Brême serre Anvers de très près malgré une différence considérable au point de vue du poids des marchandises à l'entrée et à la sortie.

Les produits alimentaires comprennent surtout les céréales destinées à la fabrication du pain, de la bière et de l'alcool. Il est arrivé à Brême en 1907, 890 000 tonnes de céréales (132 000 de froment, 364 000 d'orge, 250 000 de maïs) d'une valeur de 106 millions. Cette importation va croissant ; elle est passée de 664 000 T. en 1903 à 754 000 en 1905 et 769 000 en 1906. Mais la totalité de cette importation ne s'écoule pas en Allemagne. Déduction faite des quantités consommées à Brême et destinées à la réexportation, l'importation nette de l'Empire atteint la valeur de 70 millions de marks.

Brême est aussi un des plus grands ports importateurs de riz. La Société Rickmers, propriétaire d'importantes rizeries et d'une belle flotte de voiliers, entreprend à la fois le commerce, le transport et la mouture de cette denrée asiatique. Il passe annuellement dans les Rickmers plus d'un million de sacs de riz de 100 kilos ; l'immense minoterie qui emploie 5000 ouvriers occupe l'emplacement d'un gros village. Son outillage est remarquable : triage, écrasement, séparation de l'enveloppe, épuration progressive du riz, pesage, ensachage, tout se fait mécaniquement.

L'importation de Brême atteint, bon an mal an, de 150 000 à 190 000 tonnes de riz valant environ 30 millions de marks, mais la part qui revient à l'Allemagne ne dépasse guère la moitié de ces arrivages. Grâce en effet à la ligne du Norddeutscher Lloyd sur Cuba, l'exportation du riz décortiqué trouve aux Antilles un excellent débouché que la concurrence du riz du Texas et du Mississipi vient d'envahir.

Largement devancé par Hambourg et Rotterdam, Brême a reçu néanmoins en 1907, 30 000 tonnes de café.

Après Liverpool, Brême est la principale place de commerce de l'Europe pour le coton. Il y a vingt-cinq ans,

ce port n'en recevait que 80 000 tonnes ; actuellement l'importation est sur le point d'atteindre 500 000 tonnes, et représente en poids le 1/7 de l'importation totale par mer, et, en valeur, les 43 % de cette importation.

Pour s'affranchir de la tutelle de Liverpool et du Havre (1), le commerce brêmois fonda en décembre 1872 la Bourse du coton, et, en 1886, l'entente de cette dernière avec les tisseurs allemands lui donna un caractère vraiment national. La Société Bremer Baumwollebörse compte plus de 670 membres dont 180 résidant à Brême et près de 500 à l'intérieur de l'Allemagne.

C'est par Brême que les villes industrielles de la Wupper et du Rhin, les centres manufacturiers de l'Alsace, de la Bavière, de la Saxe, de l'Autriche et de la Suisse reçoivent la matière première nécessaire à leurs filatures et à leurs tissages.

Aux 477 000 tonnes de coton déchargées à Brême en 1907, rattachons les 90 000 tonnes de laine, les 25 000 tonnes de jute destinées aux mêmes régions industrielles.

L'importation des textiles représente donc à Brême près de 600 000 tonnes, d'une valeur de 650 à 700 millions de marks. Plus de la moitié de cette importation est dirigée sur l'hinterland national.

A cause de l'ancienneté de ses relations avec les États-Unis, les articles caractéristiques du commerce brêmois sont des produits américains : maïs, coton, tabac, pétrole. Ce dernier perd de plus en plus d'importance depuis que la Standard Oil a transféré à Hambourg et à Rotterdam ses entrepôts pour l'Allemagne. Les arrivages à Brême de 94 000 tonnes en 1898 sont tombés à 75 000 en 1902 et à 55 000 en 1907.

(1) Importations de balles de coton

	à Brême	au Havre
1875	205 000 balles	677 000 balles
1905	2 000 000 »	800 000 »

Si la place de Brême est dépassée par Liverpool dans l'importation des tabacs américains, elle reste néanmoins le grand marché des tabacs brésiliens. En 1907, les chargements arrivés à Brême ont atteint 14 000 tonnes pour le tabac des États-Unis, 26 000 pour celui du Brésil, 14 000 pour le tabac asiatique, soit un total de 65 000 tonnes valant 75 millions de mk.

Il est fâcheux pour Brême que certains articles tels que le salpêtre, le caoutchouc, le cacao, les fruits du Midi même, qui jouent à Hambourg un si grand rôle, ne s'importent qu'en quantités relativement faibles. En ce qui concerne les fruits du Midi en particulier, les espérances conçues il y a quelques années lors de la fondation de la « Fruchthandelgesellschaft » ne se sont pas entièrement réalisées.

L'importation des fruits frais et séchés n'a pas atteint 18 000 tonnes en 1907. Mais les réductions de tarifs consenties en 1906 pour les envois de Brême à destination de la province du Rhin et de Westphalie ont été étendues, en 1907, à toute l'Allemagne du Sud, ouvrant ainsi un débouché dans une contrée qui jusqu'à présent avait eu avantage à s'approvisionner dans les ports de la Méditerranée.

Alors que Hambourg pour sa flotte, ses industries locales et l'hinterland national importe près de 7 millions de tonnes de charbon, dont les deux tiers au moins par mer, Brême ne dépasse pas 1 400 000 tonnes (686 000 tonnes de provenance allemande, 630 000 de ports anglais).

En outre, tandis qu'à Hambourg l'écart entre l'importation allemande et l'importation anglaise reste sensiblement le même, à Brême l'équilibre est rompu en faveur des houilles de Newcastle et de Cardiff.

	Importation de charbon allemand	Importation de charbon étranger
1903	781 000 tonnes	276 000 tonnes
1904	784 000 »	295 000 »
1905	748 000 »	405 006 »
1906	806 000 »	385 006 »
1907	686 000 »	626 000 »

La fonction régionale de Brême à l'importation se résume comme suit pour les principaux articles :

L'Allemagne a reçu en 1907 viâ Brême, pour

285	millions	de marks	de coton	15	millions	de marks	de bois
140	»	»	laine	15	»	»	café
70	»	»	céréales	15	»	»	cuivre
45	»	»	tabac	11	»	»	machines
22	»	»	peaux	7	»	»	métaux
20	»	»	riz	7	»	»	jute
20	»	»	farine	5	»	»	pétrole

Le marché de chaque port est caractérisé par l'importance qu'y acquièrent certains produits. A ce sujet, il peut être intéressant de comparer le commerce d'importation de Brême à celui de ses trois voisins. Bien qu'ils alimentent et desservent un hinterland en partie commun, ils ont su s'y créer, au détriment les uns des autres, une spécialité d'articles que la géographie ne réservait à aucun d'entre eux, mais que la force des capitaux, les combinaisons et les réductions de tarifs, l'initiative et l'habileté professionnelles attirent et concentrent sur un port plutôt que sur un autre.

Voici groupées par ordre d'importance décroissante, les huit principales marchandises de l'importation maritime qui donnent à ces quatre ports leur physionomie commerciale.

Rotterdam	Hambourg
5 300 000 T. de minerais	5 000 000 T. de charbon
3 000 000 T. de céréales	1 500 000 T. de céréales
1 400 000 T. de bois	1 000 000 T. de tourteaux
600 000 T. de pétrole	850 000 T. d'engrais minér.
100 000 T. de nitrates	500 000 T. de coton et de laine
70 000 T. de café	300 000 T. de café
64 000 T. de riz	400 000 T. de pétrole
40 000 T. de tabac	200 000 T. de riz

Anvers	Brême
2 900 000 T. de céréales	860 000 T. de céréales
1 250 000 T. de charbon	800 000 T. de charbon
800 000 T. de minerais	480 000 T. de coton
625 000 T. de bois	186 000 T. de riz
420 000 T. de gr. oléagin.	90 000 T. de laine
200 000 T. de pétrole	65 000 T. de tabac
140 000 T. de nitrates	55 000 T. de pétrole
116 000 T. de coton	30 000 T. de café

Quelle part revient à l'Allemagne dans le commerce d'exportation de Brême ? L'Empire fournit à Brême 2 470 000 tonnes de marchandises pour une valeur de 625 millions de marks, dont

283 000	tonnes	de produits alimentaires	95 millions de marks
1 187 000	»	de combustible et de matériaux	20 » » »
730 000	»	de produits bruts et mi-ouvrés	265 » » »
270 000	»	de produits industriels	245 » » »

Ce qui manque à Brême, c'est le fret lourd : le charbon fait défaut comme à Hambourg, mais son hinterland ne peut lui fournir en compensation comme au grand port de l'Elbe 1 200 000 tonnes de sucre, 650 000 tonnes de sels de Stassfurt, 320 000 tonnes de ciment, etc. Brême ne reçoit d'Allemagne que 4000 T. de sucre environ. Que peut-il en rester pour l'exportation ? Les sels de potasse ont choisi depuis quelque temps Brême comme port de sortie, parce que l'exploitation s'est portée vers les régions situées au nord et au nord-ouest du Harz, ce qui permet à Brême de concourir avec Hambourg pour l'exportation. Mais ce

fret de sortie n'atteint pas encore 300 000 tonnes. A eux seuls, le sucre, les sels de Stassfurt et les produits de l'industrie textile exportés par Hambourg représentent une valeur égale à celle de toute l'exportation maritime de Brême !

Il suffit d'ailleurs de considérer le tableau des marchandises envoyées d'Allemagne à Brême.

Les 280 000 tonnes de produits alimentaires sont pour une bonne part destinées à la consommation de Brême ; l'exportation maritime ne peut compter sur la totalité de ce fret.

Il en est de même des 1 187 000 tonnes de combustible et de matériaux de construction : défalcation faite des 686 000 tonnes de charbon allemand, qui y figurent et qui sont réservées aux soutes des navires et aux industries locales, que reste-t-il ? Le gros de l'exportation se réduit donc à un million ou un million et demi de tonnes de produits bruts, de produits mi-ouvrés et achevés. Comment dans ce cas l'exportation maritime atteint-elle 2 145 000 tonnes ? L'écart est comblé par le port franc. Il nous faut ici expliquer et étudier la fonction commerciale de Brême.

Jusqu'en 1885, Brême était port franc, relevant d'un État libre, uni par de puissants liens à la politique générale et aux forces de la Confédération germanique, mais sans attache aucune à sa politique commerciale et économique. A Brême, nulle taxe de douane, nul droit d'entrée ; c'était à ce régime de liberté que le port devait depuis des siècles son développement et sa prospérité relative.

Mais depuis la création de l'Empire, la ville libre était menacée par des ports concurrents prussiens. Geestemünde et Emden étaient susceptibles de prendre d'autant plus d'extension que l'appui du gouvernement leur était assuré, que les installations de Brême avaient vieilli et que ses finances obérées allaient lui rendre la

lutte particulièrement difficile. Son trafic décroissait chaque année ; la ville en était arrivée insensiblement à déchoir de son rang de grande place maritime et ce n'était qu'à force de sacrifices et d'efforts tenaces qu'elle se maintenait encore à une certaine hauteur. Le nouveau port de Bremerhaven avait coûté 45 millions de francs et son entretien nécessitait une dépense annuelle de 400 000 francs. La dette dépassait 100 millions, charge fort lourde pour un État de 200 000 habitants à peine et à laquelle celui-ci ne pouvait faire face sans recourir à des taxes de toute nature. Il restait une planche de salut : entrer dans le Zollverein. Mais, on conçoit les appréhensions et les répugnances de Brême à renoncer au régime du libre échange pour s'engager à fond dans le protectionnisme.

Le Lloyd brêmois de son côté disposait d'une nombreuse flotte, mais il était à bout de ressources et ses actions étaient tombées fort bas. Dans l'intérêt de Brême et pour résister à la concurrence de Hambourg, il avait dû acquérir un matériel d'allèges considérable ; il était obligé de transborder à Bremerhaven les marchandises importées et de remorquer ses chalands jusqu'à Brême sans pouvoir demander un fret total plus élevé que celui de Hambourg.

La situation était critique. Brême n'avait plus à choisir. Séduite par les avances de l'Empire qui lui promettait la régularisation et le creusement du Wéser inférieur et des installations nouvelles, la ville hanséatique sollicita son accession au Zollverein ; elle fut décrétée par la loi du 31 mars 1885. Un subside maximum de 12 millions de marks était accordé à la ville et les bassins de Bremerhaven et de Brême étaient exclus de la zone douanière.

D'autre part et comme conséquence de cette annexion, le prince de Bismarck et M. Meyer, président du Conseil d'administration du Norddeutscher Lloyd, passèrent

entre eux, relativement à la création de lignes postales entre l'Allemagne, la Chine et l'Australie, un contrat essentiellement favorable aux intérêts de Brême. Le Lloyd recevait une subvention annuelle de 4 400 000 marks (portée à 5 590 000 depuis la loi du 13 avril 1898) et s'engageait à organiser des départs réguliers vers les ports de l'Océan Indien, l'Extrême-Orient et l'Australie au moyen de paquebots construits sur chantiers allemands.

Bien que le langage courant n'emploie guère en Allemagne comme à l'étranger que le terme de « Freihafen » ou port franc pour désigner les territoires situés hors douane, l'Administration allemande les divise nettement en trois catégories :

1° Le « Freihafen », port franc proprement dit, considéré comme territoire étranger ;

2° Le « Zollausschlussgebiet », considéré aussi comme territoire étranger pour les marchandises transbordées ou entreposées, mais avec cette différence qu'il est défendu d'y ériger des établissements industriels ;

3° Le « Freibezirk », rattaché à un port, également avec défense d'y ériger des établissements industriels, mais avec l'obligation de s'y conformer à un certain contrôle administratif sur le mouvement des marchandises.

Il n'existe en Allemagne qu'un seul « Freihafen » : Hambourg. Les « Zollausschlussgebiete » se trouvent à Brême, à Bremerhaven, à Geestemünde et à Cuxhaven. Les ports de Dantzig, Stettin, Altona et Emden possèdent des « Freibezirke ».

L'organisation du port franc de Hambourg dont la situation est tout à fait exceptionnelle, est le résultat des négociations poursuivies de 1884 à 1888 entre l'État de Hambourg et l'Empire. A cette époque, les négociants hambourgeois obtinrent, à l'insu de ceux de Brême, le droit de conserver dans le territoire de

leur port franc les industries qui y existaient et celui d'en créer de nouvelles.

Brême n'obtint qu'un Freibezirk à Brême-Ville et un Zollausschlussgebiet à Bremerhaven; ce n'est que le 17 avril 1902 que le Conseil Fédéral prononça la transformation du Freibezirk de Brême-Ville en un Zollausschlussgebiet. Ce fut à l'occasion de la création du deuxième bassin que les autorités brêmoises insistèrent auprès du Conseil Fédéral en vue d'obtenir la modification en question. Brême, en effet, attachait le plus grand prix à ce qu'un malentendu ne pût surgir quant à la liberté de mouvement du commerce dans les limites de sa zone franche et à ce que son territoire hors douane, qui d'ailleurs avait pratiquement depuis 1888 été traité comme Zollausschlussgebiet, ne pût être rangé dans la catégorie des Freibezirke. Vis-à-vis de Hambourg, contre lequel il a déjà tant de peine à lutter, le port de Brême se serait trouvé dans un trop grand état d'infériorité, le contrôle administratif auquel sont soumis les Freibezirke occasionnant des délais et des frais que ne connaissent pas les Zollausschlussgebiete.

Les données manquent pour apprécier avec une grande rigueur l'importance du rôle commercial du port franc. Comme pour Hambourg, à cause de la même lacune dans les statistiques, il faut se référer à la nature des produits et comparer le commerce de terre et le commerce de mer pour pouvoir dégager du mouvement général l'importance de la fonction commerciale de Brême. Par une série de comparaisons et de calculs, on peut estimer à 350 millions de marks la valeur des marchandises maritimes réexportées par Brême. Or, le commerce global de Brême, importations et exportations maritimes réunies, atteint le chiffre de 2130 millions de marks : le port franc entrerait donc pour 30 à 33 % dans l'activité commerciale

de Brême. C'est le double de la proportion attribuée au port franc de Hambourg.

Au commerce ou plutôt au mouvement d'exportation nous pouvons rattacher l'émigration qui représente pour les compagnies transatlantiques un fret très disputé. Brême dépasse Hambourg comme port d'embarquement, et malgré la diminution de l'émigration allemande, le chiffre des départs augmente chaque année grâce à l'afflux de Hongrois, de Polonais, de Russes recrutés et embauchés par les agents des compagnies de navigation.

Mouvement d'émigration par Brême

Années	Départs	Années	Départs	Années	Départs	Années	Départs
1888	95 500	1893	100 400	1898	60 500	1903	173 300
1889	104 000	1894	47 500	1899	80 800	1904	133 700
1890	141 400	1895	69 000	1900	96 000	1905	186 800
1891	140 000	1896	67 000	1901	110 600	1906	208 300
1892	129 500	1897	46 700	1902	143 300	1907	234 000 (1)

En 1907, 50 600 émigrants se sont embarqués à Rotterdam, 189 000 à Hambourg et 121 200 à Anvers.

Origine et destination des 234 000 émigrants partis en 1907

Émigrants venus	pour l'Anglet.	les États-Un.	le Brésil	l'Argentine	l'Afr.	l'Australie	Total
d'Allemagne	50	16 600	100	225	7	157	17 000
d'Autriche-Hongrie	32	139 000	65	1490	2	43	140 500
de Russie	2257	56 000	57	2240	85	19	61 000
d'autres pays d'Europe	10	14 500	32	722	1	59	15 350
de pays d'outre-mer		64		5		1	70

Cette courte étude serait incomplète si nous ne consacrions quelques lignes au moins à la grande compagnie de navigation dont le sort est intimement lié à

(1) En 1908, à cause de la crise, leur nombre est tombé à 74 700.

celui de Brême. La prospérité de ce port, sa force d'expansion, le développement de ses fonctions économiques dépendent très étroitement des progrès et de la politique commerciale du Norddeutscher Lloyd (1).

Brême et Hambourg ont ceci de spécial que tous deux sont en quelque sorte représentés par une puissante compagnie maritime dont le mouvement d'affaires s'identifie pour ainsi dire avec celui de son port d'attache. La Hamburg-Amerika ne possède-t-elle pas 53 % des navires immatriculés à Hambourg ? La proportion pour le Norddeutscher Lloyd est encore plus forte et atteint 65 % de la flotte brêmoise.

Brême est sur le continent le plus grand marché de coton : ce sont les vapeurs du Lloyd qui lui en rapportent de Galveston et de New-York des cargaisons entières ; les tabacs américains, brésiliens et asiatiques sont un des articles caractérisant son marché : ce sont les vapeurs du Lloyd qui à Pénang, à Bahia, à Baltimore chargent les boucauts et les caisses à destination de Brême ; la laine est un des produits principaux du commerce brêmois : ce sont encore les navires du Lloyd qui lui ramènent de Sydney et de Buenos-Aires les balles de laines australiennes et argentines ; si le café a conservé et acquis quelque importance à Brême, c'est grâce au service du Lloyd sur Santos et Rio ; ce

(1) Quelle est l'origine du mot Lloyd ? Vers 1688, dans le quartier des docks de Londres, dans la Tower street, un café tenu par Edward Lloyd s'était acquis la clientèle des commerçants, des navigateurs et des capitaines de navires. L'habile restaurateur était arrivé à faire de son local le lieu de réunion de ce monde d'affaires : sur un grand tableau noir il inscrivait à la craie toutes les nouvelles maritimes que de nombreuses relations concentraient naturellement chez lui. En 1696, le tableau noir fit place à un journal, le *Lloyd's News*. Malheureusement certains articles politiques s'y glissèrent et la feuille fut supprimée. Elle réapparut en 1726 sous le nom de *Lloyd's List* ; on y fit la part très large aux assurances maritimes, nouvelle branche d'activité dont les représentants étaient nombreux parmi les clients de Lloyd. De là, le choix du mot Lloyd par les sociétés anonymes de navigation et d'assurances : Lloyd Autrichien, Rotterdamsche Lloyd, Lloyd Brazilero, Ostlandske Lloyd, etc.

sont encore les vapeurs de la même compagnie qui déchargent à Brême la majeure partie du maïs et du froment importés par cette place. Si Brême est en Europe un des plus grands ports de passagers et d'émigrants, il le doit aussi au Lloyd dont les paquebots se sont acquis une réputation universelle : en 1907 ils ont transporté 500 000 passagers (1).

Fondé en 1857, le Norddeutscher Lloyd entretient des lignes régulières de navigation à vapeur entre Brême et New-York ; Brême et Baltimore ; Brême et Galveston ; Brême et Cuba ; Brême et les ports du Brésil et de l'Argentine ; entre Brême, Colombo, Singapore et l'Extrême-Orient ; entre Brême et l'Australie par le Cap et le canal de Suez ; entre Gênes, Naples et New-York ; entre Marseille et Alexandrie ; Marseille, Gênes, les ports du Levant et de la Mer Noire ; ajoutons encore un service de navigation côtière très considérable dans les mers d'Indo-Chine, les eaux australiennes et l'archipel malais ; un service de navigation

(1) Outre cette compagnie prépondérante, Brême possède encore les compagnies de navigation suivantes, pour ne citer que les principales :

Comp^ies	Date de fondation	Capital			Flotte	Services
Hansa	1881	25 000 000 marks			50 nav.	entre Brême, l'Argent. et les Indes ;
		6 900 000	»	(oblig.)	230 000 t.	entre New-York et l'Afrique du Sud
Neptune	1873	5 000 000	»		66 nav.	Grand cabotage de la
		2 300 000	»	»	50 000 t.	Baltique au Portugal
Argo	1896	7 000 000	»		33 nav.	Mer du Nord,
		4 400 000	»	»	55 000 t.	Espagne, États-Unis
Roland	1905	7 000 000	»		8 nav. 41 000 t.	Côte occidentale de l'Amérique
Atlas	1905	4 000 000	»		7 nav. 15 000 t.	Le Levant et la Mer Noire
Rickmers	1839	13 000 000	»		15 nav.	L'Indo-Chine,
		2 500 000	»	»	51 000 t.	les Indes et le Siam

fluviale sur le Yang-tsé etc., en somme un réseau de 40 lignes régulières.

Le capital-actions est aujourd'hui de 125 millions de marks ; les emprunts se montent à 52 millions.

	Tonnage de la flotte	Force en chevaux		Passagers transportés en 10 ans
1860	17 000 T.			
1870	16 500	30 700	1860-1870	200 000
1080	89 500	55 600	1870-1880	258 000
1890	200 000	148 000	1880-1890	850 000
1907	755 000 (1)	577 000	1890-1907	3 500 000

Pendant les 50 années de son existence, le Lloyd a payé en constructions 417 millions de marks, ou, en moyenne, plus de 8 millions par an. De ces 417 millions, 140 seulement ont enrichi les constructeurs anglais ; 270, soit le double, ont été payés aux chantiers allemands. Depuis 1885, le Vulcain de Stettin à lui seul a reçu du Lloyd 125 700 000 marks pour des commandes représentant 192 000 tonnes et 300 000 chevaux.

La flotte de la compagnie comprend actuellement 100 vapeurs de mer, 53 vapeurs côtiers, 55 bateaux fluviaux, 2 navires-écoles, 180 allèges. Alors qu'en 1892, le Lloyd ne possédait que des navires à simple hélice, aujourd'hui 60 de ses transatlantiques sont des « Doppelschraubendampfer ». Cette société dépasse toutes les autres compagnies du monde par le nombre, l'aménagement, le confort et le luxe de ses paquebots. Si la compagnie brêmoise occupe le premier rang pour le service des passagers et émigrants, la Hamburg-Amerika par contre la devance au point de vue du fret.

(1) A titre de comparaison, la Compagnie Générale Transatlantique possédait le 1er janvier 1909 une flotte de 70 navires et 268 600 tonnes ; la British India, compagnie anglaise la plus importante au point de vue du tonnage, atteint à peu près 500 000 tonnes.

Mais vis-à-vis du tonnage plus fort de la Hamburg-Amerika (950 000 tonnes), se place la puissance plus grande des machines, la supériorité de qualité des navires du Lloyd : le cargoboat n'est pas obligé de marcher aussi vite que le paquebot. Le fret transporté par la flotte de la compagnie en 1907 a atteint plus de 4 millions de mètres cubes de marchandises ; les voyages effectués par les vapeurs du Lloyd pendant la même année représentent 290 fois le tour de la terre.

La compagnie emploie 22 000 hommes dont 12 000 à bord de ses navires. La caisse des marins (établie en 1873), la caisse de pension des veuves et des orphelins (1894) ont distribué depuis leur fondation 5 millions de marks.

La fonction régionale du port n'est-elle pas en quelque sorte étendue ou renforcée par les immenses et nombreux besoins de cette compagnie de navigation auxquels Brême est appelé à pourvoir ? A cause du grand nombre des paquebots-poste dont se compose la flotte, la consommation de charbon est plus considérable que s'il fallait alimenter les soutes d'un nombre égal de cargo-boats. Elle a atteint en 1907, 1 600 000 tonnes, soit l'équivalent de ce que les chemins de fer de l'État belge ont réclamé en 1906. Les frais d'approvisionnement ne sont pas inférieurs à 16 millions de marks. Une visite au Proviantamt, aux magasins du Norddeutscher Lloyd à Brême, donne une idée de l'extension apportée à l'hinterland brêmois et à la fonction régionale de Brême par le ravitaillement constant d'une compagnie de navigation de cette importance. Pour plusieurs articles alimentaires, la consommation à bord des navires du Norddeutscher Lloyd est égale ou supérieure même à celle de toute la ville de Brême. Dans les immenses caves à provisions, des milliers de jambons suspendus cachent les voûtes qui semblent reposer sur des colonnes et des piliers de boîtes de

conserves. Amoncellements de fromages, murailles de sacs, remparts de caisses et de paniers, doubles et triples rangées de tonneaux et de barils encombrent les souterrains ; un magasin de porcelaines, d'assiettes et de plats, empilés et serrés jusqu'à la voûte, y fait face à une dépendance de la Maison de Blanc : serviettes, draps, couvertures, nappes, essuie-mains, torchons, pavillons ; ajoutez les articles bazar, balais, casseroles, pelles, seaux, etc., etc. (1).

On conçoit que Brême soit fier d'une compagnie de navigation qui assure à l'industrie, au commerce, à la population de l'Empire des commandes, des transports, des salaires, des traitements, et des bénéfices aussi réguliers, aussi nombreux et aussi recherchés. Mais semblable organisation, par nature et par la force même des circonstances doit être conquérante. Aussi la rivalité et la jalousie qui règnent entre Brême et Hambourg est-elle de date fort ancienne. Dans cette lutte, Hambourg, grâce à son magnifique hinterland et à la batellerie fluviale de l'Elbe, a triomphé ; tant au point de vue du chiffre de la population qu'à celui du commerce et du tonnage. Hambourg a une importance quatre fois plus considérable que Brême, et cependant la jalousie de Hambourg ne désarme pas. Rappelons son opposi-

(1) Voici quelques chiffres qui permettront de préciser l'importance des fournitures annuelles :

Viande de bœuf fraîche	2 800 000 kilos
Viande fraîche, salée, conservée	5 000 000 »
Volaille	500 000 »
Pommes de terre	8 000 000 »
Farine de blé	2 500 000 »
Poisson frais	700 000 livres
Riz	600 000 »
Bière	2 000 000 litres
Eau minérale	500 000 bouteilles
Vins	300 000 »
Citrons	1 500 000
Oranges	2 500 000
Café	500 000 livres
Cigares	1 300 000

tion au canal du Centre, son appui au port d'Emden, seul port allemand à l'ouest de Brême pouvant empiéter sur les intérêts de la vieille ville hanséatique. Grâce à la Hamburg-Amerika et aux communications directes établies par ses vapeurs et ses chalands entre Emden, Cologne, et Franckfort, Emden étend son rayon d'action dans le domaine de Brême, le Hanovre, la Westphalie et la Hesse. Si Brême dans cette âpre concurrence s'est maintenu, c'est grâce au Norddeutscher Lloyd sans lequel ce port ne serait qu'une place de commerce de troisième ordre. La lutte entre les deux villes se réduit à la lutte entre les deux compagnies de navigation. Par la rapidité de ses paquebots, le Lloyd a battu son rival qui a abandonné la course de vitesse pour la recherche du confort. Les deux sociétés se sont disputé longtemps les services des Antilles et du Mexique : après accord, le Lloyd s'est contenté de Cuba. Même concurrence dans l'Amérique du Sud. A peine la Hamburg-Amerika avait-elle organisé les voyages de plaisir, les croisières de luxe, que le Lloyd la suivit dans cette voie. C'est la Hamburg-Amerika qui inaugure l'escale de Cherbourg : aussitôt le Lloyd s'y installe ; il en fut de même à Plymouth. La Hamburg-Amerika établit avec le « Carl Stangen Bureau » une agence de voyages : le Lloyd s'entend avec Cook pour fonder une « Welt-Reise-Bureau Union ». En vue d'enlever le fret à Hambourg, des armateurs brêmois y ont même installé des comptoirs, et leurs chalands conduisent les marchandises à Brême. La plus grave querelle date de deux ans. Déjà Hambourg avait vu de mauvais œil la création d'une nouvelle ligne brêmoise, l' « Atlas » destinée au trafic entre Brême et la Méditerranée orientale. Cette compagnie avait obtenu du gouvernement le tarif réduit accordé à la « Deutsche Levante Linie » de Hambourg. Aussi quand on apprit dans cette dernière ville que Brême se préparait à

organiser sur la côte occidentale de l'Amérique du Sud, fief de la « Kosmos Linie » de Hambourg, un nouveau service par la « Roland Linie » dans le conseil d'administration de laquelle figuraient des membres du Norddeutscher Lloyd, l'irritation fut à son comble. Les armateurs de Hambourg s'entendirent pour former une sorte de flotte de combat (Syndikatsreederei) dont les navires devaient être spécialement affectés à porter la guerre sur tous les points où les intérêts de Hambourg seraient menacés. Cette flotte ne comprenait que de vieux vapeurs sacrifiés où le fret serait donné pour rien ou presque rien. Cette fois l'Empereur intervint, dit-on, et l'orage se calma.

Ces quelques pages de monographie montrent comment la ténacité et la résolution jointes à l'habileté commerciale et aux efforts scientifiques de l'ingénieur arrivent à triompher d'obstacles jugés insurmontables et de situations quasi désespérées. Elles montrent aussi les avantages exceptionnels qui résultent pour un port du fait de posséder une compagnie de navigation qui fasse siens les intérêts de son port d'attache et assure ainsi le développement des industries, la rémunération des capitaux et le bien-être des populations de son hinterland.

J. Charles, S. J.

LA GENÈSE

DU

TRANSATLANTIQUE MODERNE

I

APERÇU HISTORIQUE DU DÉVELOPPEMENT DE LA NAVIGATION A VAPEUR SUR L'ATLANTIQUE

L'idée d'appliquer à la propulsion des navires la force motrice de la vapeur, paraît être aussi ancienne que l'invention de la machine à vapeur elle-même. Les essais de Papin remontent au début de l'année 1700 ; ils n'eurent d'ailleurs aucune suite et il est superflu de s'y arrêter. On essaya aussi, vers le milieu du XVIIIe siècle, d'appliquer à la navigation la machine Newcomen ; mais ce n'est qu'après 1780, lorsque James Watt eut perfectionné sa machine à double effet, que les efforts des inventeurs commencèrent à donner des résultats plus sérieux et permirent d'espérer un succès certain.

En 1801, Symington, en Écosse, guidé par des essais faits antérieurement avec le concours de Miller et de Taylor, construisit un remorqueur, le *Charlotte Dundas*, qui fonctionna pendant quelque temps sur le canal de la Clyde et du Forth. En 1812, le *Comet*, de Henry Bell, inaugura un service régulier pour passagers entre

Le *Mauretania* filant 26 nœuds (48 km. à l'heure).

Une description très complète des aménagements du *Mauretania* a paru dans THE SHIPBUILDER, Novembre 1907. Nous devons à l'obligeance des éditeurs plusieurs des clichés qui ont servi à cet article.

Glasgow et Greenock, sur la Clyde. L'expérience réussit et, à partir de ce moment, les progrès furent rapides et continus : en 1814 on signale l'existence, en Angleterre, de cinq steamers naviguant régulièrement ; en 1820 il y en a trente-quatre.

Vers la même époque, l'Américain Fulton s'occupait de la question en France. En 1803 il fit, sur la Seine à Paris, des expériences avec un bateau de 20 mètres de longueur auquel il réussit à imprimer une vitesse de plus de 4 km à l'heure. Malgré ce succès, l'expérience n'attira guère l'attention : Fulton ne trouva pas auprès du premier consul l'appui qu'il cherchait. Il quitta la France pour se rendre en Angleterre, visita, dit-on, les chantiers de Symington, puis rentra aux États-Unis. Il y construisit, en 1806, le *Clermont*, avec lequel il atteignit une vitesse de 5 milles, soit plus de 8 km à l'heure. Les principaux éléments de sa machine venaient d'Angleterre, des ateliers de Boulton et Watt, constructeurs de la machine de Symington. Le grand mérite de Fulton et la cause de son succès furent d'avoir entrepris l'étude du problème de la navigation avec science et méthode : il comprit que pour arriver à un résultat pratique il fallait recourir à des appareils de propulsion plus puissants que ne l'avaient fait ses devanciers, notamment John Fitch, qui déjà avait fait des essais à Philadelphie, vingt ans auparavant.

Le succès du *Clermont* inaugura, en Amérique, l'ère de la navigation à vapeur, et ses progrès y furent bien plus rapides que sur l'ancien continent. C'est que les circonstances étaient singulièrement favorables à ce mode de propulsion dans ce pays neuf, où d'immenses fleuves, au cours sinueux et instable, étaient les seules voies de pénétration vers l'intérieur. Le « steamboat », quelque imparfait qu'il fût, en rendant la navigation indépendante de la direction du vent et de l'existence de chemins de halage, ouvrait à la colonisa-

tion et au commerce d'immenses et riches plaines restées jusqu'alors pour ainsi dire inaccessibles. D'autre part, les forêts vierges fournissaient sans peine le combustible nécessaire. Aussi, nombreux furent ceux qui se consacrèrent avec ardeur au développement de la nouvelle invention, et, parmi eux, le colonel John Stevens et son fils Robert se distinguèrent tout particulièrement. Un exemple montrera avec quelle rapidité la navigation à vapeur se développa aux États-Unis. Le premier steamer qui navigua sur le Mississippi fut le *New Orleans*, construit à Pittsburg en 1811 ; il mesurait 42 m de long sur 9 m de large, et avait coûté près de 200 000 francs. Dix ans plus tard, le nombre des steamers sillonnant le grand fleuve s'élevait à 70 et, en 1831, Stevens en signale 348.

Cependant la navigation à vapeur n'est encore qu'à ses débuts : la machine est lourde et encombrante, elle consomme, par cheval-heure, cinq à six fois autant de combustible qu'une machine moderne. Aussi fallut-il l'imperturbable confiance d'un Américain pour songer, dès cette époque, à s'appliquer à la navigation transatlantique. L'essai fut fait en 1819 par le *Savannah*, qui quitta le port du même nom le 22 mai en route pour l'ancien Monde. Le *Savannah* était un nouveau voilier de 350 tonnes, de 40 m de longueur, que les armateurs avaient fait munir d'une machine à vapeur d'environ 90 chevaux, actionnant deux roues à aubes démontables en cas de gros temps. Le résultat ne fut guère encourageant : la machine ne fonctionna que pendant une faible partie de la traversée ; le navire n'arriva à destination que grâce à l'ample voilure dont il était muni, et après un voyage de vingt-neuf jours et demi. A son retour en Amérique, la machine fut enlevée et le navire acheva sa carrière comme voilier.

D'autres tentatives du même genre furent faites de temps en temps, chaque fois que de nouveaux progrès

faisaient entrevoir de plus heureux résultats ; mais ce ne fut que vingt ans environ après l'échec du *Savannah* que la navigation à vapeur entre l'ancien et le nouveau Monde entra dans le domaine de la réalité.

C'est, en effet, en 1838 que la traversée de l'Atlantique se fit pour la première fois à l'aide de la vapeur seule : quatre steamers l'effectuèrent à peu près en même temps. Le *Sirius* parti de Queenstown en Irelande, le 5 avril, arriva à New-York en seize jours et demi : il avait marché à l'allure moyenne de 8 1/2 nœuds (1). Quelques heures après le *Sirius*, le *Great Western*, parti de Bristol le 8 avril, entrait en rade, après une traversée de treize jours et demi. Enfin le *Royal William* et le *Liverpool* arrivèrent, le premier en juillet, le second en octobre, et l'année suivante deux nouvelles unités portèrent à six le nombre des steamers ayant effectué la traversée.

Tous ces navires étaient notablement plus grands et munis de machines plus puissantes que le *Savannah*, mais, à part le *Great Western*, ils ne répondirent pas aux espérances de leurs armateurs : un se perdit corps et biens au terme d'un de ses voyages ; les quatre autres abandonnèrent bientôt la partie et furent affectés à d'autres services. Mais l'élan était donné, et si ces pionniers de la navigation transatlantique moderne succombèrent à la tâche, ils n'en contribuèrent pas moins au succès final en montrant aux constructeurs la voie à suivre.

Le *Sirius* et le *Royal William* n'étaient que de petits navires d'environ 700 tonnes de jauge, primitivement destinés aux courtes traversées de la Manche ou de la mer d'Irlande ; le *Great Western* au contraire avait été

(1) « Filer un nœud » du loch, dans les 30 secondes du sablier, ou dans la 120e partie d'une heure, correspond à une vitesse de 1852 mètres à l'heure. Ainsi l'allure moyenne de 8 1/2 nœuds indique une marche de 1852 × 8 1/2 mètres à l'heure, soit environ 15,7 km.

construit spécialement pour les voyages en long cours. Plus grand que les autres — il mesurait environ 65 m de longueur à la flottaison — il avait une largeur de 11 m et jaugeait 1320 tonnes. Ses machines, de 750 chevaux indiqués, actionnaient deux roues à aubes et assuraient une vitesse moyenne de 8 1/2 nœuds soit 15 1/2 km à l'heure. La coque en bois avait été l'objet de soins spéciaux, afin de lui donner la solidité nécessaire pour résister aux intempéries de l'Océan.

C'est vers cette époque aussi que remonte l'origine d'une des grandes lignes de navigation. La *British and North American Royal Mail Company,* mieux connue depuis sous le nom de *Cunard Line,* et qui occupe, encore de nos jours, une des premières places dans la navigation transatlantique.

En 1839, Cunard, l'un des fondateurs de la Société, conclut un accord avec le Gouvernement anglais pour assurer un service postal régulier entre l'Angleterre et les États-Unis. A cet effet, il fit construire par la firme J. et C. Wood de Glasgow, quatre navires similaires dont le premier entré en service, en juillet 1840, fut le *Britannia ;* les autres étaient l'*Acadia,* le *Columbia* et le *Caledonia.*

Ces navires, de dimensions un peu moindres que le *Great Western,* étaient, comme lui, construits en bois et, comme la plupart des navires d'alors, mus par des machines à balancier actionnant des roues à aubes. Ces machines, construites par la firme Robert Napier de Glasgow, comprenaient, pour chaque navire, deux cylindres actionnant, par l'intermédiaire de bielles et de balanciers, l'arbre de commande des roues. Les cylindres avaient un diamètre de 1,85 m, et une course de 2.08 m ; la vitesse moyenne du piston était de 58 m par minute. La puissance motrice était de 740 chevaux-vapeur. La machine avec les chaudières, l'eau, le tuyautage et les accessoires, pesait 460 tonnes, soit

630 kgm par cheval. La consommation de combustible s'élevait à 2,3 kgm par cheval-heure, soit un total de 570 tonnes par voyage. Le poids de la machine, joint à celui de la provision de charbon, absorbait 50 % du déplacement total.

L'appareil de propulsion occupait le centre du navire; les passagers, au nombre de 115, tous de première classe, étaient logés à l'avant et à l'arrière dans l'entrepont ; la salle à manger, qui servait aussi de salle de réunion, était située à l'arrière, dans une superstructure élevée sur le pont. Il n'y avait ni fumoir, ni salle de lecture comme on en trouve maintenant sur tous les navires à passagers de quelque importance. Les aménagements étaient décrits comme luxueux par les chroniques de l'époque ; mais le célèbre romancier anglais Charles Dickens, qui fit la traversée de Liverpool à Boston, en 1842, à bord du *Britannia*, nous a laissé une description bien sombre des désagréments de son séjour à bord. A son voyage de retour, plutôt que de s'y exposer de nouveau, il préféra s'embarquer sur un voilier.

Le *Britannia* avait coûté plus de 1 100 000 francs à ses armateurs. Le prix d'une traversée de Liverpool à Boston était de 38 guinées, soit 1000 francs. La durée moyenne du trajet était d'une quinzaine de jours, mais elle variait suivant la direction du vent, car les premiers steamers étaient tous munis d'une ample voilure grâce à laquelle la durée du passage était sensiblement réduite, quand les circonstances étaient favorables.

Le *tableau*, de la page suivante, donne, en regard, les dimensions et les caractéristiques principales du *Britannia* et de la dernière unité de la même Compagnie, le *Mauretania*. Il permettra au lecteur de se faire quelque idée de l'importance des progrès réalisés dans les soixante dernières années.

Tableau I

	Britannia	Mauretania
Date	1840	1907
Longueur totale	70m	240m
Tonnage brut (1)	1150 tonnes	32 000 tonnes
Vitesse	8 1/2 nœuds	25 nœuds
Puissance motrice	740 ch.	70 000
Charbon brûlé	570 tonnes	5500
» par jour	38	1100
Passagers de 1re classe	115	560
» » 2e »	—	475
» » 3e »	—	1300

La *Figure I* détaille les particularités des navires qui composèrent successivement la flotte de la Compagnie Cunard. C'est, en raccourci, le tableau des principales étapes de l'évolution du « Transatlantique ».

Période des navires en bois. — La première série de quatre navires, tous du type *Britannia*, répondit à l'attente des amateurs et des autorités postales, et on décida, en 1843, d'augmenter la flotte de deux unités, l'*Hibernia* et le *Cambria*, du même type, mais de dimensions un peu plus fortes : le tonnage passa de 1150 à 1420 ; la puissance motrice de 740 à 1040 chevaux, et la vitesse de 8 1/2 nœuds à 9 1/4.

En 1848, nouvelle addition de quatre unités, plus grandes encore, de 1820 tonnes, 1400 chevaux et 10 1/4 nœuds. En 1850, on passe à 2220 tonnes, 2000 chevaux et 12 1/4 nœuds. A part les changements des dimensions de la coque et des machines, le type des navires et les dispositions générales ne varient guère : la coque est en bois, et les machines à balancier actionnent des roues à aubes ; les perfectionnements

(1) Une tonne de jauge brute correspond à une capacité intérieure de 100 pieds cubes anglais, soit 2,83 mètres cubes.

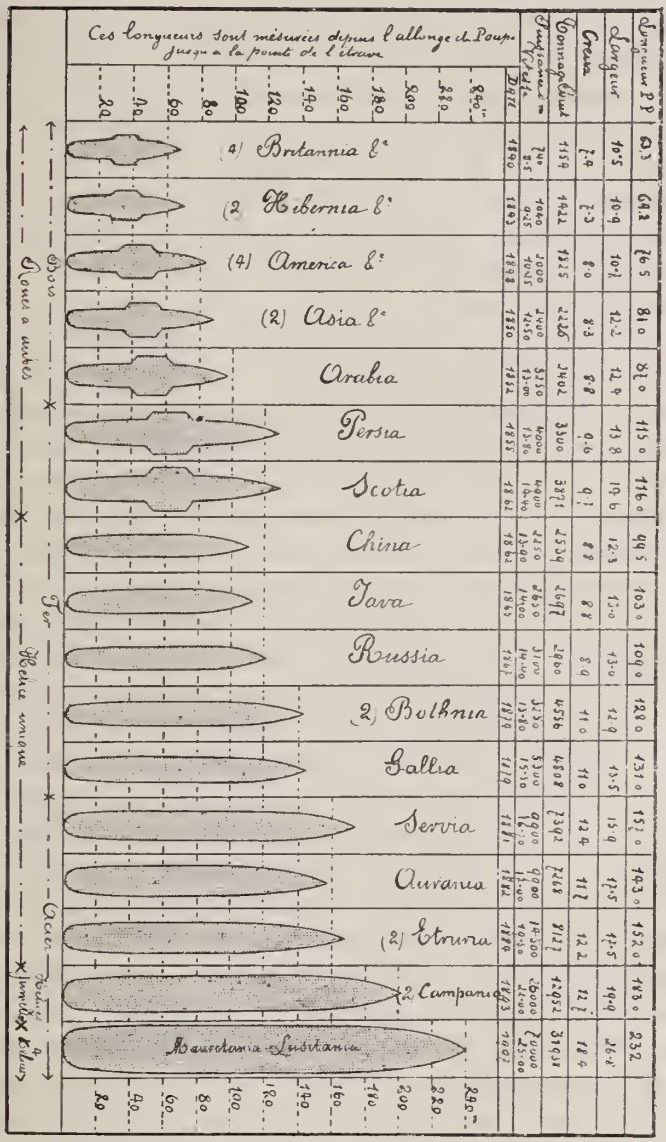

Ces longueurs sont mesurées depuis l'allonge de Poupe jusqu'à la pointe de l'étrave
Longueur P.P.
Largeur
Creux
Tonnage Brut
Puissance m Vitesse
Date
(4) Britannia b.
(2) Hibernia b.
(4) America b.
(2) Asia b.
Arabia
Persia
Scotia
China
Java
Russia
(2) Bothnia
Gallia
Servia
Aurania
(2) Etruria
(2) Campania
Mauretania Lusitania
Bois
Fer
Acier
Roues à aubes
Hélice unique
Hélices jumelles
Hélices 4 Hélices

Fig. 1.

ne portent que sur des détails : on constate notamment une augmentation graduelle de pression de vapeur et, comme conséquence, une économie de combustible. On remarquera la tendance, qui a persisté jusqu'à nos jours, à augmenter sans cesse les dimensions des navires. C'est qu'une vitesse plus grande ne s'acquiert économiquement qu'avec des dimensions plus grandes, à moins que de nouvelles inventions ne permettent de modifier radicalement les types des navires et des machines en usage.

En 1852, la *Cunard Line* met en service l'*Arabia*, le plus grand, le plus puissant et le dernier de leurs navires en bois. Il a une longueur de 87 m, ses machines développent 3250 chevaux et impriment au navire une vitesse de 13 nœuds, soit 24 kilomètres à l'heure. Le tonnage est de 2400 tonnes. Avec l'*Arabia*, on est arrivé à la limite de ce que la construction en bois peut donner, car à mesure que la longueur augmente, il devient de plus en plus difficile d'obtenir une solidité suffisante ; le manque de rigidité surtout se fait sentir, et c'est là un grave inconvénient pour un navire à vapeur dont la machine exige des assises qui ne fléchissent pas. De plus, les bois de qualité convenable commencent à se faire rares, et le coût de la construction augmente rapidement. On peut dire qu'une longueur de 90 m est la limite de ce que le bois a pu donner ; encore fallait-il, pour obtenir une coque de rigidité suffisante, recourir à toutes espèces d'artifices de consolidation qui rendaient le navire très coûteux et extrêmement lourd, pour son déplacement.

Période des navires en fer. — Heureusement, à cette époque, le fer a fait ses preuves ; mais les préjugés contre son emploi dans la construction des coques seront lents à se dissiper : l'amirauté anglaise, où se trouvaient ses principaux adversaires, hésitera long-

temps avant de permettre son emploi pour les navires postaux soumis à son contrôle.

L'adoption du métal au lieu du bois, avait cependant été préconisée depuis bien des années ; on signale même un chaland en fer construit dès 1819, et qui circula pendant de longues années sur les canaux de l'Écosse. Cet exemple avait été suivi, mais timidement, tant étaient puissants les préjugés à vaincre et les méfiances à écarter. Nul doute que cette lenteur à adopter un mode de construction, qui eut dans la suite une si heureuse influence sur le développement de la navigation, ne doive être attribuée en grande partie au manque de connaissances scientifiques chez les constructeurs de ce temps-là. La détermination des dimensions, ou les « échantillons », comme on dit en langage technique, des différents éléments de la structure était une question de routine — elle l'est d'ailleurs encore en grande partie aujourd'hui — on n'avait pas la moindre idée des épaisseurs de tôles et des sections de profils qu'il convenait d'adopter. Aussi les premiers navires en fer étaient-ils de construction fort défectueuse ; les assemblages des différentes pièces surtout laissaient beaucoup à désirer. On se faisait aussi une idée exagérée des terribles conséquences d'un échouage, d'une collision, de l'effet d'un projectile ; on se représentait les tôles se déchirant sur de grandes longueurs et le navire s'engouffrant dans l'abîme en un clin d'œil. L'expérience démentit ces lugubres prévisions : en 1834, un petit steamer en fer le *Garry Owen* fut, au cours d'une tempête, jeté à la côte et s'y échoua, en même temps que plusieurs autres navires en bois ; seul il put être renfloué sans avoir éprouvé de dégâts sérieux : la solidité de sa construction l'avait sauvé. En 1843, l'ingénieur Brunel, devenu célèbre plus tard par la construction du fameux *Great Eastern*, fit mettre sur chantier, à Bristol, le *Great*

Britain, destiné à la navigation océanique. Ce steamer de 90 m à la flottaison, et de 3270 tonnes de jauge, était construit en fer et ses dimensions dépassaient notablement celles des transatlantiques de l'époque. Brunel devança également son temps en adoptant comme propulseur de son navire, l'hélice au lieu des roues à aubes, généralement en vogue jusqu'alors. Le *Great Britain* contribua puissamment à dissiper les préjugés contre l'emploi de fer : il navigua régulièrement pendant deux ans, puis, s'étant échoué sur les côtes d'Irlande, il y resta exposé pendant tout un hiver aux intempéries de la mer, sans subir de dégâts sérieux, et put être renfloué. Malgré cela, bien des constructeurs refusaient de se rendre à l'évidence, et le fer ne commença à s'imposer que vers 1850, quand plusieurs grandes Compagnies de navigation recoururent à son emploi pour la construction de navires à passagers. L'amirauté anglaise hésitait encore : ce ne fut qu'en 1856 que la Compagnie Cunard put enfin mettre en service sur la route de New-York son premier navire en fer, le *Persia*. Le résultat fut remarquable : la longueur passa de 87 m dans l'*Arabia* à 115 m dans la *Persia* : le tonnage montait de 2400 tonnes à 3300, et, avec des machines de 4000 chevaux, on atteignit une vitesse de 13 3/4 nœuds.

La substitution du fer au bois permet d'obtenir une coque beaucoup plus solide et surtout plus rigide, quoique moins lourde. A dimensions égales, l'avantage est de plus de 20 % en faveur du métal. On peut sans inconvénient augmenter la longueur et faire usage de machines proportionnellement plus puissantes : enfin le fer se prête mieux, grâce à la facilité d'assemblage des différentes pièces, à l'adoption, pour la coque, de formes plus effilées aux extrémités, qui favorisent les grandes vitesses.

En 1862, le *Scotia* succède au *Persia*. Un peu plus

long seulement, mais plus large et plus profond, ce navire jauge 3870 tonnes au lieu de 3300. Le type des machines est resté le même que dans le *Britannia* de 1840: c'est toujours la machine à balanciers renversés, actionnant des roues à aubes. Mais la puissance motrice atteint 4900 chevaux et la vitesse de 14 1/2 nœuds, soit 27 kilomètres à l'heure. Ce fut un résultat jugé extraordinaire à cette époque : la durée de la traversée se trouvait réduite à moins de 9 jours.

Période des navires à hélice. — Après le *Scotia*, on entre dans une nouvelle phase de l'évolution du transatlantique : les roues à aubes sont remplacées par l'hélice. Ce propulseur présente de nombreux avantages. Tout d'abord, placée à l'arrière du navire et complètement immergée, l'hélice n'est pas aussi exposée que les roues à aubes, placées en porte à faux de chaque côté, aux collisions ou à la rencontre de débris flottants ; de plus son emploi réduit la largeur d'encombrement du navire; mais son avantage le plus important provient de son mode de fonctionnement. L'hélice donne, en effet, le même rendement utile que la roue à aubes, tout en étant de dimensions beaucoup plus réduites et travaillant à une allure plus rapide : au lieu de 20 ou 30 tours à la minute au maximum, on peut, sans inconvénients adopter avec elle une allure de 70 à 80 tours à la minute — on atteint même 400 dans les torpilleurs modernes — l'allure de la machine est accélérée en conséquence, et, en tournant de 3 à 4 fois plus vite, sa puissance motrice augmente dans les mêmes proportions pour un poids sensiblement le même. Le navire à hélice aura donc, à puissance égale, des machines plus légères et moins encombrantes.

Cependant les hélices ne rencontrèrent pas la faveur immédiatement : mal construites, au début, elles étaient souvent d'un rendement inférieur ; les vibrations qu'elles imprimaient à l'étambot disloquaient l'arrière

des navires en bois et les rendaient peu adaptables à ce moyen de propulsion : enfin il fallut donner aux mécaniciens le temps de perfectionner leurs machines pour rendre possible une allure plus rapide.

Les premiers navires à hélice de la *Cunard Line* étaient en fer, et leur construction remonte à l'année 1851. Ils n'étaient destinés qu'au service de la Méditerranée, et s'ils firent quelques voyages à Boston, ils ne rentrent cependant pas dans la catégorie des transatlantiques proprement dits. Les premiers navires à hélice du service des malles entre l'Angleterre et New-York, furent le *China*, en 1862, et le *Java*, en 1865. Ces deux unités ne présentèrent rien de remarquable : les machines étaient du type à cylindre oscillant à allure lente : la vitesse de rotation de l'hélice était obtenue au moyen d'engrenages. L'appareil de propulsion restait lourd et encombrant : de plus, l'emploi d'engrenages dans la transmission offrait de sérieux inconvénients. La période des navires à hélice ne commence pratiquemment qu'à partir du moment où l'on adopta la machine à allure accélérée et à action directe, commandant l'arbre de l'hélice sans engrenages intermédiaires. Dès lors, la roue à aube disparut de la navigation à long cours, elle fut réservée aux services fluviaux et côtiers où le faible tirant d'eau s'oppose à l'emploi de l'hélice.

Le premier transatlantique de la *Cunard Line* de l'ère nouvelle fut le *Russia*, construit en 1867. Il montre à l'évidence le supériorité du nouveau mode de propulsion lorsqu'on le compare au *Scotia*, le dernier navire à aubes de la même ligne, construit cinq ans avant lui. Grâce à l'emploi d'une machine à allure rapide, actionnant directement l'arbre d'hélice, et par conséquent plus légère et moins encombrante, on arrive au même résultat avec un navire beaucoup plus petit : le *Russia* jauge 3000 tonnes au lieu de 3900, il atteint

la même vitesse, 14 1/2 nœuds, mais sa machine ne développe que 3000 chevaux-vapeur tandis que le *Scotia* en exigeait près de 5000, et consommait 159 tonnes de combustible par jour au lieu de 90 ! L'adoption de l'hélice a donc eu pour premier résultat une *diminution* dans les dimensions des navires, sans que l'allure ascendante de la vitesse ait eu à en souffrir ; mais on n'en resta pas là.

En 1874, sept ans après l'entrée sur la scène du *Russia*, la flotte de la Compagnie s'augmente de deux unités notablement plus grandes et dépassant même le *Scotia* : le *Bothnia* et le *Scythia* ont, en effet, 128 m de longueur et jaugent 4556 tonnes. Ils se distinguent de leur devancier par leurs machines : elles sont du système compound, dont l'usage commence à se répandre. Mais la puissance motrice n'est que de 3200 chevaux, dépassant à peine celle du *Russia*, et la vitesse tombe à 13 3/4 nœuds. Pendant quelques années, on se contenta de cette situation : la lutte pour la vitesse fut abandonnée aux sociétés concurrentes l'*Inman Line*, la *White Star Line* et la *Compagnie générale transatlantique du Havre*.

En 1879, la *Cunard Line* tente de reconquérir la première place : elle met en service le *Gallia* de 131 m de longueur, filant 15 1/2 nœuds, et suivi, en 1881, du *Servia* de 157 m, dont les machines compound de 10 000 chevaux donnent une vitesse de plus de 16 1/2 nœuds ; mais il est battu par le *City of Rome* de l'*Inman Line* et par l'*Alaska*, de 17 1/2 nœuds, de la *Guion Line*.

Introduction de l'acier. — Le *Servia* marque une nouvelle étape dans les constructions navales : l'acier remplace le fer dans la coque. Ce métal plus homogène, plus résistant, plus malléable que le fer, permet aux constructeurs de réaliser une économie de 10 % sur le poids de la coque et d'augmenter proportionnel-

lement le rendement du navire. Adopté d'abord dans la marine de guerre, en France puis en Angleterre, vers 1873, il commença à se répandre dans la marine de commerce en 1878. Cette année le Lloyd enregistrait plusieurs navires en acier, jaugeant ensemble 4500 tonnes, et, en 1881, ce chiffre s'élevait déjà à 650000; bientôt le fer se trouva complètement détrôné.

Changements dans les proportions et formes des carènes. — Au *Servia* succéda, en 1882, l'*Aurania*, qui, lui aussi, marque un pas en avant. Ce navire, sorti des chantiers de J. et G. Thomson, sur la Clyde, allait à l'encontre des idées prédominantes à cette époque au sujet des proportions et des formes les meilleures pour obtenir une grande vitesse. Depuis l'entrée en scène de la *White Star*, vers 1870, et la mise en service des transatlantiques de 14 1/2 et 15 nœuds, les constructeurs avaient donné à leurs navires une grande longueur en comparaison de la largeur : le rapport de ces dimensions était généralement de 10 à 1 et même de 11 à 1. L'opinion de la plupart des techniciens était qu'on obtenait ainsi, pour une puissance motrice donnée, les meilleurs résultats. Cette opinion était combattue par Froude, dont les nombreuses expériences à ce sujet sont devenues classiques. Il démontra qu'une augmentation de largeur n'est nullement défavorable à l'obtention d'une grande vitesse, qu'elle la favorise au contraire, pourvu que les formes des lignes d'eau de la carène soient tracées en conséquence. Les résultats obtenus par l'*Aurania* confirmèrent cette manière de voir : moins long que le *Servia*, mais plus large — la proportion de la longueur à la largeur était de 8,2 à 1 au lieu de 9,8 à 1 — ce navire, avec un tonnage à peu près identique, parvint à filer un demi-nœud de plus avec des machines un peu moins puissantes. Il ne reconquit cependant pas le record de la vitesse et ne se fit guère remarquer. En 1883, la *Guion Line* possédait

le plus rapide transatlantique, l'*Orégon*, de 152 m de longueur et 16,40 m de largeur : il fila jusqu'à 19 nœuds. Des difficultés financières obligèrent ses armateurs à s'en défaire, et il fut repris, en 1884, par la *Cunard Line* en même temps que deux autres navires encore sur chantier à Fairfield, l'*Umbria* et l'*Etruria* : de même longueur que l'Orégon, mais d'une plus grande largeur — 17,50 m au lieu de 16,40 m — ils firent 19 1/2 nœuds, soit 36 kilomètres à l'heure. Grâce à l'acquisition de ces deux navires, la *Cunard Line* reconquit enfin la première place sur l'Atlantique, mais pour quelque temps seulement; car, en 1888, elle fut vaincue par le *City of Paris* et le *City of New-York*, de l'*Inman Line*, qui filaient 20 nœuds.

Transatlantiques à hélices jumelles. — L'*Umbria* et l'*Etruria* étaient munis chacun d'une machine compound de 14 500 chevaux, actionnant une hélice de 7,50 m de diamètre. Ce furent les derniers transatlantiques à grande vitesse pourvus d'une seule hélice ; depuis, on a eu recours, pour les fortes puissances, aux hélices jumelles, disposées de part et d'autre de l'axe du navire, et actionnées par deux machines indépendantes. Chacune d'elles ne développant plus que la moitié de la puissance totale, elles sont plus petites, plus faciles à construire, et permettent un équilibrage plus parfait des parties mobiles, ce qui diminue les vibrations de la coque. Enfin, ce système offre une sécurité plus grande ; car une avarie à un des organes d'une des machines n'immobilise plus le navire ; l'autre lui reste pour continuer le voyage à allure réduite. La voilure, devenue inutile, disparaît presque complètement des transatlantiques : les mâts ne servent plus que pour l'échange de signaux.

A l'époque de l'*Etruria* les hélices jumelles étaient en vogue depuis plusieurs années déjà dans la marine de guerre, et on les avait appliquées à la propulsion de navires de commerce à faible tirant d'eau ; mais on

leur attribuait un rendement propulsif moindre qu'à l'hélice unique. L'expérience ayant démontré l'inexactitude de cette assertion pour les dispositifs bien étudiés, les constructeurs de Clydebank décidèrent d'adopter le nouveau système de propulsion lorsqu'ils mirent sur chantier les deux magnifiques steamers qui allaient permettre à l'*Inman Line* d'occuper de nouveau le premier rang sur l'Atlantique.

Le *City of Paris* et le *City of New-York*, connus sous le nom de « Paris » et « New-York » depuis qu'ils ont été repris par l'*American Line*, ont 160 m de longueur, soit 8 m de plus seulement que l'*Etruria*, mais leur largeur, 19.30 m, est proportionnellement plus grande (rapport 8.3 à 1 au lieu de 8.7 à 1). Les machines développent environ 9500 chevaux chacune, soit 19 000 chevaux pour les deux hélices, et impriment une vitesse de 20 nœuds, ou 37 kilomètres à l'heure. Ces deux transatlantiques firent sensation : leur forme élégante, avec la proue à guibre, comme celle des voiliers, leur donne l'apparence d'énormes yachts de plaisance. Construits avec double fond et quatorze cloisons étanches, ils présentent, en cas de collision ou d'échouage, une sécurité beaucoup plus grande que leurs devanciers ; enfin ils s'en distinguent aussi par leurs machines, les premières à triple détente mises à bord d'un grand transatlantique.

Cependant la *Cunard Line* ne se tient pas pour battue et elle se décide à tenter un effort de nature à décourager ses concurrents. Elle fait mettre en chantier, à Fairfield, le *Campania* et le *Lucania* qui entrent en service en 1893, et démontrent immédiatement leur énorme supériorité, en faisant la traversée à une allure moyenne de 22 nœuds, près de 41 kilomètres à l'heure. Voici leurs principales dimensions : longueur à la flottaison 183 m ; largeur 19.80 m — le rapport 9,24 à 1 est plus grand que dans les deux navires

précédents — tonnage 12 950 : les machines actionnant des hélices jumelles sont à triple détente et développent 30 000 chevaux. Les aménagements, préparés avec un luxe fastueux, peuvent recevoir 600 passagers de première, 400 de seconde et 700 de troisième classe. Par contre, le poids énorme des machines et de la coque, joint aux 4000 tonnes de combustible nécessaires pour une traversée, absorbent presque tout le déplacement disponible : il reste place pour les bagages et les malles du service postal, mais il n'y en a plus pour les marchandises.

Chacune de ces unités a coûté plus de 15 millions de francs. Les frais d'amortissement de ce capital, les primes d'assurances, l'énorme consommation de combustible, les salaires d'un nombreux personnel, enfin les frais généraux de tous genres paraissent effrayer les armateurs eux-mêmes ; mais le but est atteint : les sociétés concurrentes abandonnent la lutte sur le terrain de la vitesse. On semble même s'être imaginé qu'avec les moyens dont disposaient alors les constructeurs, une vitesse plus grande n'eût plus été commercialement réalisable dans les communications transatlantiques. Quelques années plus tard, les événements devaient démentir ces prévisions. Mais avant d'examiner la situation actuelle, il est intéressant de revenir un instant sur nos pas pour passer en revue les principales étapes dans les progrès de la machine marine.

Aperçu historique du développement de la machine marine. — Nous avons dit que la machine du *Britannia*, comme celles de la plupart des grands navires à vapeur de la première période, était du type à balancier. Elle était l'adaptation, aux circonstances particulières du navire, de la machine terrestre de l'époque. La figure 2 représente une machine marine de cette période vue de profil. Afin d'éviter une trop grande hauteur de bâti,

et pour ne pas encombrer inutilement le pont, le balancier qui, dans la machine terrestre, se trouve à une certaine hauteur au-dessus du piston, a été dédoublé : il y a deux balanciers, placés de part et d'autre du cylindre. La tige du piston est munie d'une traverse horizontale, dont chaque bout commande une bielle par l'intermédiaire de laquelle elle attaque les balanciers à l'une de leurs extrémités. Ceux-ci pivotent autour d'un axe placé au milieu de leur longueur ; ils sont réunis à

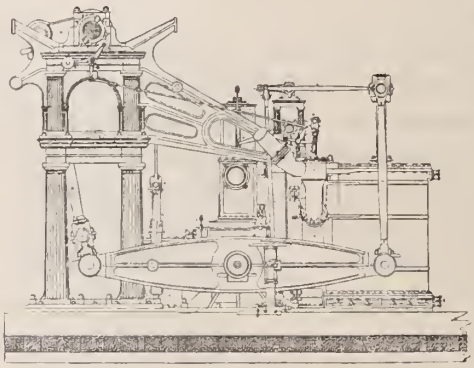


Fig. 2.

leurs extrémités libres par une traverse qui reçoit la bielle d'attaque de la manivelle de l'arbre coudé.

Le *Britannia* avait deux cylindres avec balanciers et transmissions de ce genre, donc, en somme, deux machines monocylindriques, attaquant le même arbre coudé par deux manivelles. Leurs principales dimensions sont données dans le tableau II, que l'on trouvera plus loin.

Cette disposition donna d'excellents résultats : elle convenait parfaitement au travail à fournir ; les balanciers offraient un moyen facile d'actionner les appareils auxiliaires, pompes etc. ; les parties mobiles étaient bien équilibrées et les différentes bielles avaient

des longueurs convenables ; enfin les efforts exercés sur la coque en bois étaient répartis sur une grande surface. Aussi resta-t-elle longtemps en vogue malgré le grand poids de la machine, l'encombrement, le prix de revient élevé et les complications du mécanisme de mise en train et de changement de marche.

La machine à balancier se répandit également en Amérique ; mais contrairement à ce qui se faisait chez nous, le balancier était maintenu au sommet du bâti, comme dans la machine terrestre. Cette disposition a persisté jusqu'à nos jours et, actuellement encore, on voit, sur les fleuves et les côtes de l'Amérique, des navires à aubes de faible tirant d'eau mus par des machines du type en usage aux débuts de la navigation à vapeur.

D'autres dispositifs furent cependant préconisés et adoptés très tôt en vue de réduire le poids et l'encombrement. Rappelons les « steeple engines » de David Napier, à cylindres verticaux, cadre et bielles en retour ; puis les machines à cylindres oscillants, dans lesquelles la tige du piston attaque directement la manivelle, sans interposition de bielle : le cylindre, supporté par deux tourillons, est mobile autour de leur axe et suit les mouvements de la manivelle en oscillant de part et d'autre de sa position moyenne. Cette disposition, qui permettait de réduire la distance entre l'arbre et le cylindre, entra rapidement en usage : on la rencontre encore dans les machines des navires à aubes de faible puissance.

Parmi les transatlantiques de marque munis de machines à cylindres oscillants, il faut citer l'*Adriatic* de la *Collins Line*, construit aux États-Unis en 1857, un des navires à vapeur les plus remarquables de son temps ; quoiqu'il fût en bois, sa longueur atteignait 108 m ; sa machine de 4000 chevaux avait deux

cylindres de 2,64 m de diamètre, de 3,65 m de course; ses roues à aubes, de 12,20 m de diamètre, faisaient 12 tours à la minute. Contrairement à la pratique courante d'alors, la condensation se faisait par surface. L'*Adriatic* atteignit une vitesse de 13 1/2 nœuds. Malgré cela, sa carrière ne fut guère brillante : après trois courtes périodes d'activité sur l'Atlantique, il fut transformé en voilier et, en 1866, devint un simple entrepôt flottant.

Les machines à cylindres oscillants furent également adoptées par Brunel pour le *Great Britain* dont il a déjà été question et pour le fameux *Great Eastern*, le Léviathan des mers, dont la construction fut terminée en 1858 (1).

Une autre disposition à signaler est la machine à cylindres fixes inclinés, actuellement encore la plus répandue pour les navires à aubes de grande vitesse ; on la trouve notamment sur les paquebots de la ligne Ostende-Douvres les plus récents, avant l'adoption de la turbine à vapeur.

La machine à balancier conserva cependant la préférence de la plupart des constructeurs des grands transatlantiques pendant toute la période des roues à aubes, depuis le *Britannia*, en 1840, jusqu'au *Scotia*, en 1862. Les machines de ces deux navires ont la même disposition générale ; elles ne diffèrent que par leurs dimensions, la pression de vapeur à laquelle elles travaillent, et des détails de construction. Le *tableau II* met en regard les chiffres les plus caractéristiques de ces deux machines.

(1) Le *Great Eastern* avait 208 mètres de longueur sur 25,3 de largeur et jaugeait 18 915 tonnes. Il était muni de deux machines, l'une actionnant des roues à aubes et l'autre une hélice ; la puissance totale était de 11 000 chevaux. Sa carrière fut désastreuse : il ruina toutes les sociétés qui tentèrent sa mise en valeur. Il ne servit utilement que pour la pose du premier câble transatlantique.

Tableau II

Machines du premier et du dernier paquebot à aubes de la Compagnie Cunard

Date	Britannia 1840	Scotia 1862
Nombre des cylindres	2	2
Diamètre et course du piston	$1^m85 \times 2^m08$	$2^m54 \times 3^m65$
Pression de la vapeur en kgm par cm^2	0,84	1,76
Puissance en chevaux-vapeur	740	4900
Consommation de charbon par 24 h, en tonnes	38	165
Consommation de charbon en kgm, par cheval-heure en service courant	2,3	1,50

Machines des navires à hélice. — On essaya d'abord d'adapter à la commande de l'hélice les types de machines marines existantes, notamment les machines à balancier et à cylindres oscillants. Pour obtenir, avec ces machines à allure lente, la grande vitesse de rotation nécessaire à l'hélice, on avait recours à des engrenages ou à des transmissions à chaîne, exposés à de fréquentes ruptures et causes de trépidations fâcheuses. L'attaque directe s'imposait ; aussi, est-ce vers ce but que se portèrent les efforts des constructeurs : ils aboutirent à la création d'une machine pouvant, sans danger, marcher à l'allure requise.

Comme les premières machines de ce genre étaient destinées à la marine de guerre, ce furent les dispositions à cylindres horizontaux qui prévalurent d'abord. Leurs organes pouvaient être installés sous le niveau de la flottaison, à l'abri de l'artillerie ennemie ; mais comme la largeur des navires était limitée, il fallait recourir aux dispositifs qui permettent de placer le cylindre près de l'arbre moteur, tels que ceux des

machines à cadre, à bielles en retour de différents types, enfin et surtout des machines à fourreau.

Lorsque l'hélice fut adoptée dans la marine marchande, les machines horizontales fonctionnaient déjà depuis quelque temps dans les navires de guerre et l'expérience avait permis de les perfectionner ; il n'est donc pas étonnant qu'on y eût d'abord recours. Toutefois, on vit bientôt apparaître un dispositif nouveau, qui réalisait la solution la plus simple et la plus pratique : c'est la machine dite à pilon, à cylindres verticaux, placés au-dessus de l'arbre moteur et attaquant la manivelle par une bielle de grande longueur, car ici il n'est plus nécessaire de rester sous le niveau de la flottaison. Cette machine fut employée pour la première fois dans la navigation transatlantique en 1854, sur le navire à hélice le *Canadian* de l'*Allan Line* ; mais ce ne fut qu'après 1860 que ses avantages commencèrent à être mieux connus, et que son usage se répandit. La société Cunard l'adopta, en 1867, pour le *Russia*, et, à partir de cette époque, presque tous les nouveaux transatlantiques et les grands navires à hélice de la marine marchande en furent munis. Les premières machines de ce type étaient généralement à deux cylindres, avec manivelles calées à angle droit. Vinrent ensuite les machines compound à trois cylindres, un de haute et deux de basse pression ; et, plus tard, les systèmes à triple et quadruple détente, où le nombre des cylindres passe de trois à quatre, puis à cinq et même à six, groupés de différentes manières, mais dont le type général est resté le même jusqu'ici.

Le *tableau III* donne en chiffres ronds, la pression de vapeur et la consommation de combustible par unité de puissance des machines des paquebots à ces différentes époques : il montre clairement les progrès réalisés, grâce surtout à l'adoption des machines à

allure rapide et à l'emploi de la vapeur à haute pression, travaillant par détente dans plusieurs cylindres.

Tableau III

Année	Type des machines	Pression de la vapeur kgm. par cm²	Vitesse moyenne du piston mètres par min.	Consommation de charb. en kgm par cheval-heure
1840	Mach. à balanc. à détente dans un cylindre	0,80	60	2,30
1850	» » » »	1,20	85	1,90
1862	» » » »	1,70	110	1,60
1871	Mach. verticales compound à 2 cylindres	4,25	160	1,00
1880	» » » 3 »	7,00	240	0,95
1885	» » à triple détente	10,00	260	0,75
1895	» » » »	12,00	280	0,70
1900	» » à quadruple détente	14,50	300	0,63
1907	Turbines à vapeur	13,70 (1)	—	0,70

Les avantages économiques de la détente de la vapeur à haute pression étaient déjà connus du temps de James Watt ; il n'est donc pas étonnant que les premières machines marines aient travaillé avec détente, mais les basses pressions en usage ne permettaient pas d'en retirer grand bénéfice. La machine du *Britannia* consommait à peu près 2.3 kgr de charbon par cheval-heure ; la pression était inférieure à une atmosphère. Vingt-deux ans plus tard, en 1862, bien qu'il y eût eu

(1) Pression à la chaudière. A son entrée dans la turbine, la pression de la vapeur n'est que d'environ 11 kgm au cm².

Quant au *poids des machines*, les renseignements précis manquent : les chiffres donnés varient entre d'assez fortes limites. En 1840, les machines du *Britannia* pesaient environ 650 kgm par cheval-vapeur fourni en service courant. En 1862, ce chiffre descend à 450 kgm *(Scotia)*. Quelques années plus tard, l'avènement des machines à attaque directe de l'hélice et à allure accélérée réduit les poids de moitié. Pour les grands transatlantiques modernes, on peut prendre comme moyenne 150 kgm par cheval pour les machines à triple détente, et 160 kgm pour celles à quadruple détente. Quant au poids des turbines, il est encore difficile à préciser, mais il se trouve probablement compris entre 140 à 150 kgm par cheval.

progression constante, on en était encore à la pression de deux atmosphères, et la consommation de charbon n'était pas inférieure à 1.5 kgr par cheval-heure.

La lenteur du progrès provenait des difficultés qu'éprouvaient les constructeurs à produire des chaudières capables de résister à de plus hautes pressions, et de l'emploi du condenseur à injection ou par mélange, en usage dans la marine. On était obligé d'emprunter à la mer son eau saumâtre pour alimenter les chaudières, et les dépôts salins sur les parois rendaient l'emploi des hautes pressions désastreux. Jusqu'à la pression de deux atmosphères, qui correspond à une température d'environ 135° de l'eau dans la chaudière, on parvenait à combattre ces dépôts en évacuant une partie de l'eau dès qu'elle devenait trop dense. Mais à partir de 135°, le sulfate de chaux, dissous dans l'eau de mer, se dépose très rapidement, car la solubilité de cette substance, contrairement à ce qui a lieu pour les autres sels, diminue aux hautes températures et disparaît complètement à 144°. Ces dépôts, mauvais conducteurs de la chaleur, diminuaient le rendement, et les tôles surchauffées étaient rapidement détruites.

Le condenseur à surface vint remédier à cet état de choses. Préconisé depuis des années déjà et essayé à plusieurs reprises avec quelque succès, notamment, en 1820, par David Napier et, en 1837, par S. Hall, il n'entra définitivement dans la pratique que vers 1860. C'est qu'au début, on semble avoir mal compris le mécanisme de cet appareil : tantôt on lui donnait trop peu de surface refroidissante ; tantôt la quantité d'eau de circulation était trop faible, ou encore une construction défectueuse donnait lieu à des fuites, et l'eau de mer se mélangeait à l'eau de condensation. Mais ces difficultés une fois surmontées, l'eau de condensation, dépourvue de sels en solution, put remplacer l'eau de mer pour l'alimentation des chaudières, et à partir de

ce moment, les pressions augmentent rapidement, à mesure que les constructeurs parviennent à produire des chaudières capables d'y résister.

Nous ne pouvons songer à décrire ici tous les perfectionnements de détails qui contribuèrent aux résultats économiques de la machine moderne ; nous nous limiterons aux faits les plus saillants.

L'adoption des fortes pressions amena bientôt celle de la machine compound. Lorsque la pression atteignit plus de trois atmosphères dans les machines monocylindriques, on remarqua que le résultat économique était loin de répondre à l'attente : une grande partie de la vapeur se condensait dans le cylindre et passait directement au condenseur ; de plus, les coussinets de la machine, par suite des grandes variations de pression qu'ils subissaient, fatiguaient beaucoup. La machine compound remédia à ces défauts par un meilleur emploi de la détente de la vapeur ; la consommation de charbon baissa d'un coup de 30 °/₀. Aussi son usage se généralisa-t-il immédiatement. Le premier transatlantique qui en fut pourvu est le *Holland* de la *National Line*, en 1870, et la machine monocylindrique fut dès lors complètement abandonnée.

L'année 1884 vit l'entrée en service des derniers grands transatlantiques munis de machines compound, l'*Etruria* et l'*Umbria*, de 14 500 chevaux. La pression était de 7,7 kgm par cm² ; la machine avait un cylindre de haute pression de 1,80 m de diamètre, et deux de basse pression, de 2,66 m de diamètre. La course était de 1,83 m, avec une vitesse moyenne du piston de 244 m à la minute ; la consommation de charbon était de 900 grammes par cheval-heure.

A partir de 1884, la machine à triple détente détrôna complètement la machine compound dans les transatlantiques. L'*Aller* du *Norddeutscher Lloyd*, construit en 1885, le *City of Paris*, en 1888, et le *Campania*,

en 1893, furent munis de machines de ce type, et la consommation de charbon se trouva réduite à 680 gr par cheval-heure.

Dix ans plus tard, en 1894, les nouveaux transatlantiques de l'*American Line*, le *St-Paul* et le *St-Louis*, furent pourvus de machines à quadruple détente et à six cylindres, travaillant à une pression de 14 kgm par cm². Le *Kaiser Wilhelm II* du *Norddeutscher Lloyd* a des machines à quadruple détente et à quatre cylindres, avec une pression de 15 kgm par cm². La consommation de charbon tombe à 635 gr par cheval-heure, et, dans certains navires munis de machines de ce type, on signale des consommations de moins de 600 gr.

Depuis l'adoption des machines compound, le poids par unité de puissance n'a guère diminué ; la machine à quadruple détente est même plus lourde par suite de sa plus grande complication et des tôles épaisses des chaudières à haute pression ; mais l'économie en combustible est assez considérable pour qu'il y ait avantage à l'adopter pour les fortes puissances et les longues traversées.

Avec la turbine à vapeur, qui a trouvé son application dans la navigation transatlantique depuis quelques années seulement, on en est revenu à des pressions moindres. On ne saurait encore se prononcer définitivement sur l'avenir réservé à ce nouveau moteur dans la marine marchande. Il est incontestable qu'il a donné d'excellents résultats pour les petits paquebots à grande vitesse, faisant le service entre l'Angleterre et le continent, et il en est de même pour les navires de guerre où son usage se généralise rapidement. Mais, dans ces deux cas, la turbine remplace des machines dont le rendement était notablement inférieur à celui des machines en usage sur les grands paquebots. D'autre part, il n'existe encore que cinq transatlan-

tiques à turbine dont les deux premiers, le *Victorian* et le *Virginian* de l'*Allan Line*, ont été construits en 1904. Ces navires paraissent ne pas avoir donné, au point de vue de la consommation du combustible, des résultats aussi satisfaisants que les machines à quadruple détente : à peine même arrive-t-on à atteindre les résultats de la machine à triple détente. Il y a, il est vrai, une réduction dans le poids de l'appareil moteur, mais elle n'est pas très prononcée, 5 à 6 % tout au plus, pour les grands paquebots. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que la turbine marine en est encore à ses débuts, et susceptible de bien des perfectionnements ; tandis que sa rivale, la machine à mouvement alternatif, paraît avoir donné tout ce qu'il est possible d'en tirer.

Principaux transatlantiques modernes. — Avec l'apparition du *Campania* et du *Lucania*, on crut la lutte pour la vitesse définitivement close. Elle allait, de fait, reprendre de plus belle. La Compagnie Transatlantique du Havre venait de mettre en service deux magnifiques paquebots, le *Savoie* et le *Lorraine*, jaugeant 11 150 tonnes et filant de 20 à 21 nœuds ; l'*American Line* l'avait suivie, en 1895, avec deux unités à peu près de même vitesse, le *St-Louis* et le *St-Paul*, quand, en 1898, les Allemands étonnèrent le monde par l'entrée en scène du *Kaiser Wihelm der Grosse* du *Norddeutscher Lloyd*. Ce navire, de dimensions un peu plus fortes que celles du *Campania*, parvint, grâce à ses formes mieux étudiées, à dépasser ses concurrents, en filant 22 1/2 nœuds, ou 41 1/2 km à l'heure, avec des machines de même puissance. On crut d'abord, en Angleterre, à un tour de force, qui aurait des conséquences financières désastreuses pour les armateurs ; mais deux ans après, la *Hamburg-America Linie* dissipait l'illusion par la mise en service du *Deutschland*. Ce magnifique transatlantique, d'une

longueur de 202 m à la flottaison et jaugeant 16 500 tonnes, atteignit, avec ses machines de 36 000 chevaux, la vitesse inattendue de 23 1/2 nœuds, soit 43,5 km à l'heure. L'année suivante, le *Norddeutscher Lloyd* suivait l'exemple de sa rivale : son *Kronprinz* arrive à la même vitesse, et, en 1903, son *Kaiser Wilhelm II* est sans contredit le plus beau navire de la flotte marchande du monde entier. D'une longueur de près de 207 m et d'un tonnage de 19 400, notablement plus grand que celui du *Deutschland*, il file 23 1/2 nœuds, avec ses machines de 38 000 chevaux. Sa vitesse maxima dépasse à peine celle de son concurrent, mais il se comporte mieux à la mer, et la moyenne des résultats qu'il a fournis est plus favorable. Le *Kronprinzessin Cecilie*, entré en service en 1907, a les mêmes dimensions que le *Kaiser Wilhelm II* : ses machines, un peu plus puissantes, lui donnent une vitesse légèrement supérieure à celle de ce dernier.

Mais il est une autre phase de la concurrence sur l'Atlantique que nous devons signaler. La *White star Line*, après la mise en service, en 1899, de ses paquebots express le *Teutonic* et le *Majestic*, de 21 nœuds, abandonna la lutte de vitesse et la porta sur un autre terrain en créant le type des *transatlantiques intermédiaires*. Avec ceux-ci, on cherche à gagner la faveur du public en lui offrant, à des prix modérés, un confort inconnu jusque-là. Ces nouveaux paquebots se rapprochent, par leurs dimensions, des précédents, mais ils marchent à l'allure plus modérée de 15 à 18 nœuds. La traversée dure un jour ou deux de plus ; par contre, les machines, moins puissantes, sont moins encombrantes et les vibrations de la coque moins accentuées. Les salons et surtout les cabines peuvent être plus spacieux, les passagers s'y trouvent bien plus à l'aise ; en outre, grâce aux grandes dimensions du navire, les mouvements de roulis et leur conséquence,

le mal de mer, sont réduits au minimum. Enfin, au point de vue financier, ces navires offrent l'avantage de pouvoir transporter d'énormes quantités de marchandises, dont le fret vient grossir les recettes, en même temps que les frais d'exploitation se trouvent réduits dans de fortes proportions, car le personnel est moins nombreux et la consommation de combustible beaucoup diminuée.

Le *Cymric*, en 1898, inaugura la série de ces navires; il fut suivi, en 1899, par l'*Oceanic*, qui forme plutôt la transition entre les deux types : plus grand que le *Campania* et le *Deutschland* — il a une longueur de 208 mètres et jauge 17 300 tonnes — ses machines, de 27 000 chevaux, lui permettent de faire 20 1/2 nœuds; il peut prendre à bord à peu près le même nombre de passagers, et transporte en même temps 5000 tonnes de marchandises.

Après l'*Oceanic*, toute une série de navires du type intermédiaire proprement dit entrèrent en ligne : le *Cedric* et le *Celtic* de 21 000 tonnes de jauge et d'une vitesse de 17 nœuds; puis le *Baltic* et l'*Adriatic*, plus grands encore. Le *Baltic* a une longueur de 217 m et jauge 24 000 tonnes : il prend à bord 2000 passagers et peut transporter 10 000 tonnes de marchandises. Avec des machines de 16 000 chevaux, il atteint une vitesse moyenne de près de 17 nœuds. L'*Adriatic* jauge 25 000 tonnes.

Les autres compagnies suivirent l'exemple de la *White Star Line*. La *Cunard Line* fit construire, en 1900 l'*Ivernia* et le *Saxonia* de 177 m de long, de 19,60 m de large et d'un tonnage de 14 000 tonnes, supérieur à celui du *Campania*; mais, avec des machines de 10 400 chevaux, la vitesse n'est que de 15 1/4 nœuds. Le *Caronia* et le *Carmania* datent de 1905 ; ils ont une longueur de 198 m, jaugent 21 000 tonnes et filent 18 nœuds, avec des machines de 20 000 chevaux.

Les lignes allemandes possèdent également toute une série de transatlantiques du type intermédiaire ; voici les plus grands : Le *Kaiserin Auguste-Victoria*, de la *Hamburg-America Linie*, a 206 m de longueur, 23,47 m de largeur et jauge 24 580 tonnes ; des machines de 16 700 chevaux lui impriment une vitesse de 17 nœuds. Il peut prendre à bord 650 passagers de première classe, 286 de seconde, 216 de troisième et 1850 de quatrième (passagers d'entrepont).

Le *George Washington*, du *Norddeutscher Lloyd*, mesure 212,6 m sur 23,77, son tonnage s'élève à 26 100. Il donne place à 520 passagers de première, 375 de seconde, 610 de troisième et 1430 de quatrième ; ses machines ont une puissance de 29 000 chevaux, et sa vitesse atteint 18 1/2 nœuds.

La *Holland-American Line*, de Rotterdam, possède le *Rotterdam* de 198 m sur 23,47 et de 24 170 tonnes. Les passagers de première peuvent être au nombre de 600, ceux de seconde 515 et ceux de troisième 2400. Ses machines sont de 14 000 chevaux et sa vitesse de 16 1/2 nœuds.

La *Red Star Line*, d'Anvers, vient de mettre en service le plus grand navire de sa flotte, le *Lapland* de 189 m sur 21,30 et d'un tonnage d'environ 18 500. Il peut transporter 390 passagers de première, 350 de seconde et 1790 de troisième ; l'équipage compte 400 hommes, les machines sont de 13 000 chevaux et la vitesse de 15 1/2 nœuds.

II

Étude technique. Construction et aménagements d'un transatlantique moderne

Le développement inattendu du trafic entre l'ancien et le nouveau monde, et le succès des paquebots rapides, malgré la concurrence des navires du type intermé-

diaire, amenèrent la Compagnie Cunard à étudier la mise en chantier d'unités capables de tenir tête au *Kaiser Wilhelm der Grosse* et au *Deutschland*. Dès 1901, plusieurs projets furent élaborés, mais sans décision. En 1903, la Compagnie s'étant assuré l'appui financier du Gouvernement anglais, on décida la construction de deux navires qui, par leurs dimensions, leur vitesse, le confort et le luxe de leurs aménagements, devaient dépasser tout ce qu'on avait réalisé jusque-là : le *Mauretania* et le *Lusitania* allaient reconquérir pour l'Angleterre la palme de la vitesse sur l'Océan.

Le *Mauretania* a été construit aux chantiers de la Compagnie Swan, Hunter and Wigham Richardson L^d^ à Wallsend, près de Newcastle-in-Tyne : c'est spécialement de ce navire, à la construction duquel j'ai collaboré, qu'il sera question dans ce qui va suivre. Le *Lusitania* vit le jour sur les bords de la Clyde, aux chantiers John Brown et Cie. Ces deux navires, construits en même temps, sont presque identiques, quant aux dimensions principales, à la disposition des machines et aux aménagements ; les études préliminaires furent faites, d'ailleurs, de commun accord par les deux chantiers et la Compagnie Cunard. Ils ne diffèrent que par certains détails dans la construction de la coque et des machines, détails assez importants, mais qui respectent la similitude apparente de l'ensemble.

Aux termes des conditions imposées par le Gouvernement anglais, il fallait viser à obteniru ne vitesse de 25 nœuds en mer, et garantir 24 1/2 nœuds. De son côté, la Compagnie Cunard imposait une limite à la longueur : on ne pouvait dépasser 232 m entre perpendiculaires, ou 240 m de longueur totale : ses installations à Liverpool et à New-York ne permettaient pas d'aller au delà.

Dès le début, il devint évident qu'il faudrait aller jusqu'aux dimensions extrêmes : le déplacement dépasserait de 50 % le plus grand navire construit jusque-là et la puissance motrice s'élèverait presqu'au double du plus puissant paquebot existant.

Pareille entreprise ne pouvait être abordée sans une étude préalable et approfondie des nombreux problèmes qu'elle soulève. Il sort du cadre de cet article de les examiner tous; il faut se borner à l'exposition sommaire de quelques-uns des plus importants.

Le premier consiste à déterminer les dimensions et les formes à donner au navire, ainsi que la puissance motrice nécessaire pour lui imprimer la vitesse réclamée. Ce problème est très complexe. Le navire, en effet, doit posséder certaines qualités nautiques dont les principales sont : la flottabilité, la stabilité, la navigabilité, la vitesse et la facilité d'évolution. Or ces qualités varient avec les dimensions et les formes, mais elles ne s'y rattachent, à proprement parler, par aucune loi mathématique connue. De plus, on ne peut développer l'une de ces qualités qu'au détriment d'une autre, et toutes possèdent une importance relative plus ou moins grande, suivant le service que le navire est appelé à remplir. Une grande longueur, par exemple, favorise, dans une certaine mesure, la grande vitesse ; mais elle nuit à la facilité d'évolution. De même, une grande largeur augmente la stabilité, mais elle peut entraver la navigabilité. Aux considérations d'ordre technique, viennent souvent s'en ajouter d'autres d'ordre financier et commercial, si bien que l'architecte naval en est généralement réduit à établir, entre tant d'éléments divers, un compromis auquel il n'arrivera qu'après bien des tâtonnements, guidés, sans doute, par les indications de la théorie, mais surtout par les données expérimentales fournies par des navires du même type.

Dimensions et formes de la carène du Mauretania. — Voici les principaux transatlantiques express mis en service au cours de ces dernières années :

		Long. en mètres	Vitesse en nœuds
1893	*Campania*	183	22,0
1895	*St-Louis*	163,5	21,0
1897	*Kaiser Wilhelm der Grosse*	191	22,5
1900	*Deutschland*	202	23,5
1903	*Kaiser Wilhelm II*	207	23,5
1907	*Mauretania*	232	25,0
1907	*Provence*	182	22,0

Un fait constant se dégage de ce tableau : une augmentation de vitesse accompagne une augmentation de longueur. Ceci ne s'applique évidemment qu'à des navires de même type et destinés au même service. Il n'y a d'exception que quand les progrès de l'architecture navale ou de la mécanique viennent modifier considérablement les modes de construction de la coque ou des machines. On en a vu un exemple lors du remplacement des roues à aubes par l'hélice, vers 1860, et un autre, vers 1880, lorsque l'expérience eut démontré l'avantage qu'on pouvait tirer d'une modification des formes de la carène.

Reprenant les chiffres du tableau, et désignant respectivement par L_1 et V_1, L_2 et V_2 les longueurs et les vitesses de deux navires, on a, approximativement, la relation

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2} \quad \text{ou} \quad \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} :$$

les vitesses sont proportionnelles aux racines carrées des longueurs. Cette relation se vérifie à peu près exactement pour cinq des sept navires renseignés. Pour le *Deutschland*, la longueur est de 202, au lieu de 207 ; mais la vitesse de 23,5 nœuds n'a été obtenue

qu'en réduisant le poids de la coque au détriment de la solidité et en forçant l'allure des machines. En général, ce navire marche à une vitesse moindre. Quant au *Mauretania*, la longueur maxima admise correspondait, d'après cette règle, à 24 1/2 nœuds ; on ne pouvait donc espérer arriver économiquement à une vitesse de plus de 25 nœuds qu'on escomptait, que grâce à l'adoption des formes les mieux appropriées à la vitesse et à une réduction du poids de la machine et de la coque. On y est parvenu, sans compromettre la solidité, par une étude minutieuse de tous les détails, et l'emploi de matériaux spéciaux de grande résistance. Le tirant d'eau maximum admissible était de 10.20 m, dans les conditions ordinaires du service. Au point de vue de la facilité d'accès des ports et surtout des cales sèches, il y aurait eu avantage à le réduire, mais il eût fallu donner à la carène des formes moins avantageuses au point de vue de la vitesse ; il fut décidé qu'on s'en tiendrait au maximum admis par le cahier des charges.

Restait à déterminer la largeur et les formes. La recherche des relations qui existent entre les formes d'un flotteur et la résistance qu'il éprouve au mouvement dans l'eau, est des plus délicates. Les phénomènes sont ici trop complexes pour se prêter à l'analyse, et toutes les formules, théoriques ou empiriques, qui ont été préconisées, ne peuvent être utilisées qu'avec de nombreuses restrictions et dans des limites de vitesse assez étroites. L'étude de ces phénomènes a été abordée par toute une pléiade de savants : elle était à l'ordre du jour dès le XVIIIe siècle, et, au commencement du XIXe, on lui consacra de nombreuses recherches, mais sans résultat bien net. Ce ne fut que vers 1870 que nos connaissances à ce sujet se sont développées, grâce au patient labeur d'un savant anglais, M. Froude, qui parvint à faire la part de chacun des principaux facteurs qui entrent en jeu : 1° la résistance due au frotte-

ment de l'eau contre les parois du navire, et 2° celle qui tient à la formation des vagues que le navire soulève dans sa marche. Il en est d'autres, il est vrai, telles que la résistance due à la formation des remous et à la réaction de l'air ou du vent sur les œuvres mortes ; mais, dans les carènes bien étudiées, elles ont une importance relativement minime et peuvent, dans la méthode de Froude, être considérées comme englobées dans le 2°.

Résistance de frottement. — La loi de cette résistance a été déterminée expérimentalement par Froude : elle augmente un peu moins rapidement que le carré de la vitesse : elle varie, *par unité de surface mouillée*, avec la nature de cette surface, et avec la longueur absolue du navire : elle *diminue* quand la longueur *augmente*, grâce à la vitesse d'entraînement communiquée aux molécules liquides venant en contact avec le navire, à l'avant, entraînement qui diminue la vitesse relative de la surface et des molécules liquides qui viennent en contact avec elle, à l'arrière. Froude a déterminé expérimentalement la valeur des coefficients de frottement pour diverses substances et différentes longueurs de carène.

Résistance due à la formation des vagues. — Si le frottement était seul en jeu, le calcul de la résistance d'une carène de formes données serait singulièrement facilité, mais il n'en est pas ainsi. A partir d'une certaine allure, qui dépend des formes de la carène, il se produit à la surface de l'eau, des dénivellations dont la configuration générale est donnée par la figure 3. On y voit deux séries de vagues : les vagues ou ondes *divergentes*, disposées en échelons, et dont la première seule est en contact avec le navire ; et les vagues ou ondes *transversales*, dont les crêtes sont perpendiculaires, ou à peu près, à la direction de marche, et sont limitées, d'une part, par les parois du navire et de l'autre

par les ondes divergentes correspondantes. Ces ondes transversales avancent avec la même vitesse que le navire, et présentent tous les caractères des ondes d'oscillation qu'on rencontre en mer : à mesure que leur vitesse de propagation croît, la distance de crête en crête, ou leur longueur d'onde, augmente, suivant une loi connue. Comme le point de contact de la première crête avec les parois du navire reste à peu près constant, les ondulations suivantes occupent, par

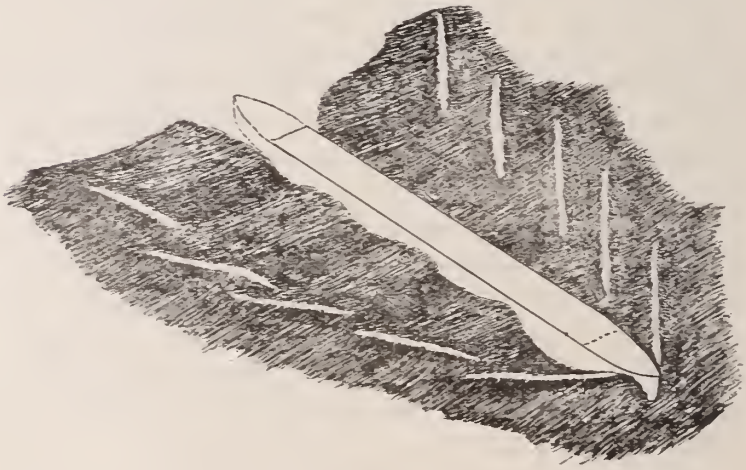


Fig. 3.

rapport aux formes de la carène, une position qui varie avec la vitesse. Un système de vagues analogue à celui que montre la figure à l'avant, se produit à l'arrière, et le navire laisse derrière lui une traînée de vagues divergentes entre lesquelles se trouvent les vagues transversales.

Le maintien de ces systèmes d'ondes se déplaçant avec le navire, exige une certaine dépense de travail qui se traduit par une résistance à la marche. La difficulté du problème à résoudre provient de l'impossibilité de déterminer *à priori* l'importance qu'acquerront les

vagues soulevées par une carène de forme nouvelle, la résistance qui en résultera.

Heureusement Froude est parvenu à établir qu'on peut appliquer à l'étude du phénomène le principe de la similitude en mécanique. Sa méthode, basée sur des considérations d'ordre théorique (1), a vu sa valeur pratique consacrée par de nombreuses expériences exécutées par Froude lui-même vers 1870, sur un navire, le *Greyhound*, mis à sa disposition par l'Amirauté anglaise, et sur une série de modèles de ce navire. Il mesura au dynamomètre et pour différentes vitesses, les résistances au mouvement du navire et des modèles et compara les *résistances résiduaires* ; il donna ce nom à l'excès de la *résistance totale* sur la *résistance de frottement* qui peut être obtenue directement par le calcul. Il établit qu'il existe une relation entre les résistances résiduaires de carènes géométriquement semblables : d'un navire et de son modèle.

Ce rapport de similitude se présente, non aux mêmes vitesses du navire et du modèle, mais à des vitesses « correspondantes », qui sont dans le rapport inverse de la racine carrée des dimensions linéaires. Voici un exemple : si on a le modèle d'un navire à l'échelle de 1/25, les vagues qu'il soulève à la vitesse de 4 nœuds seront géométriquement semblables, dans leur forme et leur disposition relative à la carène, à celles soulevées par le navire à la vitesse de $4 \times \sqrt{25}$ ou de 20 nœuds ; les résistances seront dans le rapport du cube des mêmes dimensions, soit ici $25^3 = 15\,625$, et les puissances motrices, abstraction faite des questions de rendement de l'appareil propulseur et des machines motrices, seront dans le rapport de $25^{3,5}$, soit 78 125.

(1) Reech exposa la même théorie à peu près simultanément en France, mais sans que Froude en eût connaissance, dans son cours à l'École d'application du Génie maritime ; seulement il ne donna aucune suite pratique à ses idées.

Par conséquent, pour évaluer la résistance résiduaire d'un navire de formes données, on commence par mesurer au dynamomètre la résistance totale du modèle et on en soustrait la résistance de frottement $R_f = \varphi S V^m$, S étant la surface mouillée, V la vitesse, φ et m des coefficients dont les valeurs dépendent de la nature de la surface et de la longueur de carène. La résistance résiduaire multipliée par le cube du rapport des dimensions linéaires du navire et du modèle, donnera la résistance correspondante du navire, à laquelle on ajoutera la résistance de frottement calculée séparément pour ce dernier.

La valeur pratique de la méthode de Froude fut assez contestée aux débuts, par suite de la grande précision nécessaire dans les expériences sur de petits modèles et de l'incertitude qui pouvait subsister quant à la valeur exacte des coefficients de frottement ; mais depuis lors elle a fait ses preuves et, de nos jours, elle est couramment employée.

Le Gouvernement anglais, le premier, l'adopta et fit construire à Haslar un bassin d'expérimentation ; son exemple a été suivi par les principales puissances maritimes, et par quelques universités et sociétés particulières.

A l'établissement de Haslar, le bassin d'expérimentation a une longueur de 120 mètres, une largeur de 6 m et une profondeur d'eau de 2,70 m. Les modèles sont façonnés en cire de paraffine, qui permet un travail facile et rapide, et ont généralement une longueur de 3,60 m. Le modèle est lesté au tirant d'eau voulu, et remorqué par un pont roulant placé au-dessus du bassin et portant les dynamomètres et les autres appareils enregistreurs. Outre les expériences sur la résistance, on peut faire des recherches sur les hélices en vue de déterminer les meilleures proportions à leur donner. On peut aussi étudier l'influence, sur la résistance de

la carène, de la présence d'un propulseur dans son voisinage et, réciproquement, l'influence des formes de la carène sur l'action du propulseur.

Pour donner une idée de l'allure complexe de la résistance due à la formation des vagues, nous reproduisons deux diagrammes (fig. 4 et 5) obtenus par Froude au moyen d'expériences sur des modèles : les résultats ont été multipliés par le rapport voulu pour être applicables à des navires de dimensions courantes.

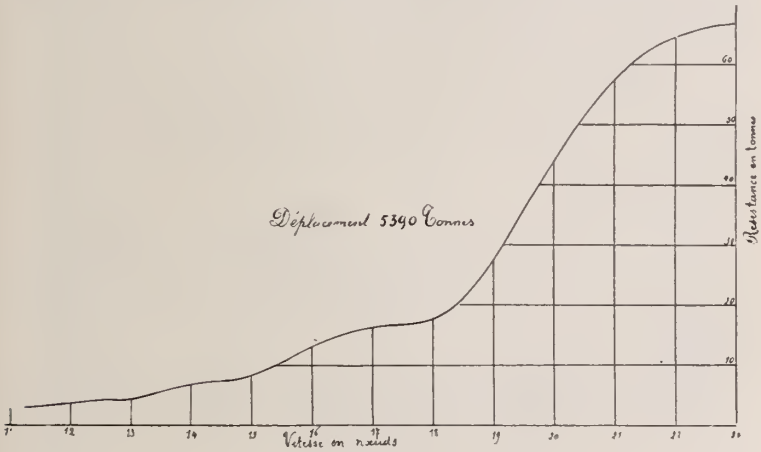


Fig. 4.

La courbe de la figure 4 donne la valeur de la *résistance résiduaire* d'un navire de commerce. On voit qu'elle présente une forme très irrégulière : il y a une succession de bosses et de paliers. A certaines vitesses, par exemple, entre 14 et 15 nœuds, une vitesse croissante n'entraîne qu'une légère augmentation de la résistance résiduaire, tandis que, au delà de 15 nœuds, une faible augmentation de vitesse provoque un accroissement rapide. Des alternatives du même genre se produisent à des vitesses plus grandes et plus petites, et les fluctuations de la courbe s'accentuent à mesure que la vitesse augmente.

Ce résultat inattendu provient, comme Froude l'a démontré, de l'influence qu'exercent les vagues transversales formées à l'avant du navire, et qui se sont propagées jusqu'à l'arrière, sur la configuration des vagues engendrées à l'arrière. Si le navire était assez long pour que la série des vagues satellites d'avant — celles qui suivent la première — ne s'étendît pas jusqu'à l'arrière, la résistance due à la formation des vagues serait la somme arithmétique des résistances dues aux deux systèmes, avant et arrière, pris séparément, et la courbe présenterait une allure régulière ; mais lorsque les vagues d'avant arrivent jusqu'aux formes d'arrière du navire, elles y produisent une perturbation profonde dans la configuration des vagues d'arrière, et la résistance due à leur formation change en conséquence.

Or, à mesure que la vitesse augmente, la distance de crête en crête de ces vagues satellites croît, et il arrive un moment où la crête d'une de ces vagues d'avant coïncide avec celle de la vague d'arrière : la courbe de résistance présente alors une bosse. Mais si la vitesse continue à augmenter, les vagues satellites s'allongent et un creux vient coïncider avec la crête de la vague d'arrière : à cette vitesse correspond un palier dans la courbe.

Les courbes de la figure 5 mettent ce phénomène clairement en évidence. Ici encore, il s'agit d'une série de navires ayant les mêmes formes aux extrémités, mais différents par la longueur de la partie médiane, qui est cylindrique et n'a pas d'influence sur la forme des vagues soulevées. Pour une vitesse donnée, la configuration du système de vagues à l'avant, ainsi que la partie de la résistance résiduaire qui leur est due, sont les mêmes pour tous les navires ; il en serait ainsi également à l'arrière, si les vagues y étaient engendrées à l'abri de toute influence perturbatrice des vagues

satellites du système d'avant et, dans ce cas, la résistance résiduaire totale aurait la même valeur pour tous les navires : les courbes deviendraient des droites parallèles à la ligne de base.

Il n'en est plus ainsi lorsque, le navire étant de longueur limitée, les vagues formées à l'avant arrivent aux formes arrière. Prenant le modèle de la figure 3 à une vitesse correspondante à 14.43 nœuds, Froude a donné à la partie médiane cylindrique limitée par deux traits sur le pont, une longueur telle que l'arrière tombe dans le second creux à partir de l'avant.

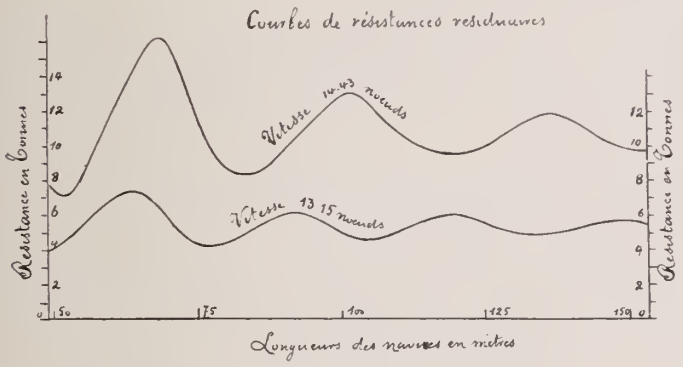


Fig. 5.

Les crêtes des vagues transversales engendrées à l'arrière coïncidaient alors avec les creux des vagues indiquées sur la figure ; le système de vagues résultant de la combinaison des deux était fortement atténué et la résistance résiduaire présentait un minimum, comme l'indique la figure 5 pour une longueur de navire un peu supérieure à 50 m. En reprenant l'expérience avec des longueurs de la partie médiane croissantes, la position relative des deux systèmes de vagues changeait ; il en était de même de la configuration du système résultant et de la résistance résiduaire. Pour une longueur de navire d'environ 70 m, il y avait

coïncidence des crêtes et la résistance atteignait un maximum ; puis, la longueur augmentant toujours, l'arrière tombait dans le troisième creux et il y avait un nouveau minimum dans la courbe. Les amplitudes des fluctuations de la courbe diminuent lorsque la longueur du navire augmente, ou quand sa vitesse diminue, parce que le nombre de crêtes ou d'ondulations qui se produisent sur la longueur du navire est alors plus grand ; dans ces conditions, en effet, la vague satellite en arrivant à l'arrière, a perdu une plus grande partie de son énergie, et son influence perturbatrice diminue d'autant.

La courbe de la figure 4, obtenue au moyen d'un modèle, a pu être prolongée bien au delà des vitesses qu'un navire de formes semblables n'aurait pu atteindre, et Froude a ainsi pu faire *nettement ressortir* les principaux caractères du phénomène. En pratique, la résistance résiduaire des navires de commerce n'atteint qu'une proportion relativement faible de la résistance totale, 20 à 25 °/₀ tout au plus; dans les transatlantiques à grande vitesse, cette proportion ne dépasse guère 30 °/₀ ; et l'allure de la courbe de résistance se rapproche de celle indiquée sur la figure 4 pour des vitesses de 13 à 14 nœuds. Il faut choisir les formes et les dimensions de manière à ce que cette proportion ne soit pas dépassée : c'est une condition nécessaire à la propulsion économique. Mais si la courbe des résistances résiduaires n'a pas en pratique une allure aussi irrégulière que dans l'exemple choisi pour la figure 4, il n'en est pas moins vrai qu'elle ne saurait être déterminée *a priori* pour une carène de formes données, et la méthode de Froude est la seule qui jusqu'à présent permette d'évaluer avec assez de précision la valeur de la résistance d'une carène.

De nombreuses expériences furent faites à Haslar, sous la direction de M. R. E. Froude, fils et successeur

de l'inventeur de la méthode, pour rechercher les meilleures formes à donner aux deux nouveaux transatlantiques. Plus de douze modèles furent essayés, et les résultats obtenus guidèrent les constructeurs dans le choix des formes du *Mauretania* et du *Lusitania*.

Mais il resta bien des points à élucider, surtout quand on eut décidé d'adopter les turbines à vapeur comme machines motrices. Aussi, les constructeurs du *Mauretania* voulurent-ils pousser plus loin les expériences et firent-ils construire dans ce but un modèle en bois à l'échelle de 1/16. Sa longueur était donc voisine de 15 m. et il déplaçait, au tirant d'eau normal, plus de 9 tonnes. Il était muni d'accumulateurs électriques et de moteurs actionnant directement les hélices; des instruments de précision, placés à bord, permettaient aux expérimentateurs embarqués de relever toutes les données utiles.

Grâce à ce modèle, beaucoup plus grand que ceux en usage dans les établissements dont il a été question, on put élucider une foule de problèmes intéressants. On étudia surtout la question des hélices, la meilleure disposition à leur donner par rapport à la carène, et leurs principales caractéristiques, le diamètre, le pas, la surface des ailes, etc.

Les constructeurs du *Lusitania* firent également quelques expériences dans l'établissement d'expérimentation semblable à celui de Haslar, qu'ils s'étaient fait aménager, mais qui ne fut prêt que lorsque la construction du navire était déjà assez avancée.

Choix de l'appareil de propulsion. — La puissance motrice à fournir au *Mauretania* fut évaluée à 65 000 chevaux environ ; pour pouvoir faire face à toutes les éventualités, il fallait la porter à 70 000 au moins. La machine d'un transatlantique doit pouvoir fonctionner constamment, jour et nuit, pendant 5 ou 6 jours, et par les plus mauvais temps ; elle doit avoir des

organes d'une solidité à toute épreuve : aussi, malgré tous les perfectionnements de la mécanique, ces engins sont-ils lourds et encombrants : ils pèsent encore de 150 à 160 kgm par cheval-vapeur. Dès le début des études, on comprit que les difficultés de construction de pareilles machines seraient énormes. On songeait alors à l'emploi de machines à mouvement alternatif : la puissance motrice aurait été fournie par trois unités à 5 cylindres et à quadruple détente, chacune d'elles actionnant une hélice, et développant de 22 000 à 24 000 chevaux, ce qui dépassait notablement les plus puissantes machines marines existantes. Dans les derniers paquebots express, de la *Cunard Line*, en effet les hélices sont commandées par des machines de 15 000 chevaux ; le *Deutschland* a deux machines de 18 000 chevaux, et dans les derniers paquebots allemands de 23 1/2 nœuds, la puissance motrice est d'environ 40 000 chevaux, fournis par quatre machines accouplées deux à deux sur chaque arbre d'hélice.

Cette disposition, qui réduit la puissance de chaque machine à 10 000 chevaux environ, présente l'avantage de diminuer le poids des pièces mobiles et de rendre leur équilibrage plus parfait. Par contre, elle exige une plus grande longueur, et dans le *Mauretania*, faute de place disponible, elle devenait impraticable. Il fallait donc s'en tenir à trois machines d'environ 24 000 chevaux. Cette circonstance fut une des causes principales qui décidèrent les armateurs et les constructeurs à substituer des turbines à vapeur aux machines à mouvement alternatif. Quoique cette décision n'eût été prise qu'après une étude des plus sérieuses, confiée à une commission d'ingénieurs compétents, elle ne manquait pas d'audace ; car, à cette époque, la turbine à vapeur était encore loin d'avoir fait ses preuves dans la marine.

Problèmes relatifs à la résistance de la coque. — Le calcul direct des « échantillons », ou des dimensions

transversales des différents éléments de la structure d'un navire, est rendu à peu près impossible par la grande diversité que peut présenter la répartition des efforts au cours de sa carrière. Cependant, si l'on considère cette structure dans son ensemble, on peut la comparer à une énorme poutre métallique, sur laquelle les charges et les réactions sont inégalement réparties, et tendent à la déformer. On admet que la position la plus périlleuse, au point de vue de la résistance, se présente au cours d'une forte tempête, quand

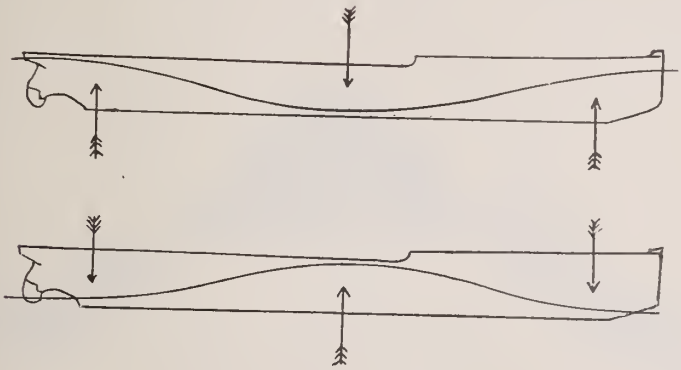


Fig. 6.

le navire, ballotté par les flots, est placé alternativement aux sommets et dans les creux des vagues, son axe étant perpendiculaire aux crêtes de celles-ci, comme on le voit dans la figure 6, où les flèches indiquent, d'une façon générale, le sens des efforts. Comme il est impossible de prévoir tous les cas, il faut bien s'arrêter à une hypothèse plus ou moins arbitraire, quitte à ne considérer les résultats des calculs qu'au point de vue qualitatif, en les appréciant par comparaison avec ceux obtenus, dans les mêmes conditions, par un autre navire du même type et du même ordre de grandeur qui a fait ses preuves.

La méthode classique consiste à supposer le navire

placé en équilibre sur une vague de forme trochoïdale, de même longueur que lui et d'une hauteur égale au vingtième de sa longueur ; dans le cas du *Mauretania*, la vague aurait donc 232 mètres de longueur et 11.60 m de hauteur. La position la plus défavorable se présente lorsque le navire est placé perpendiculairement à la

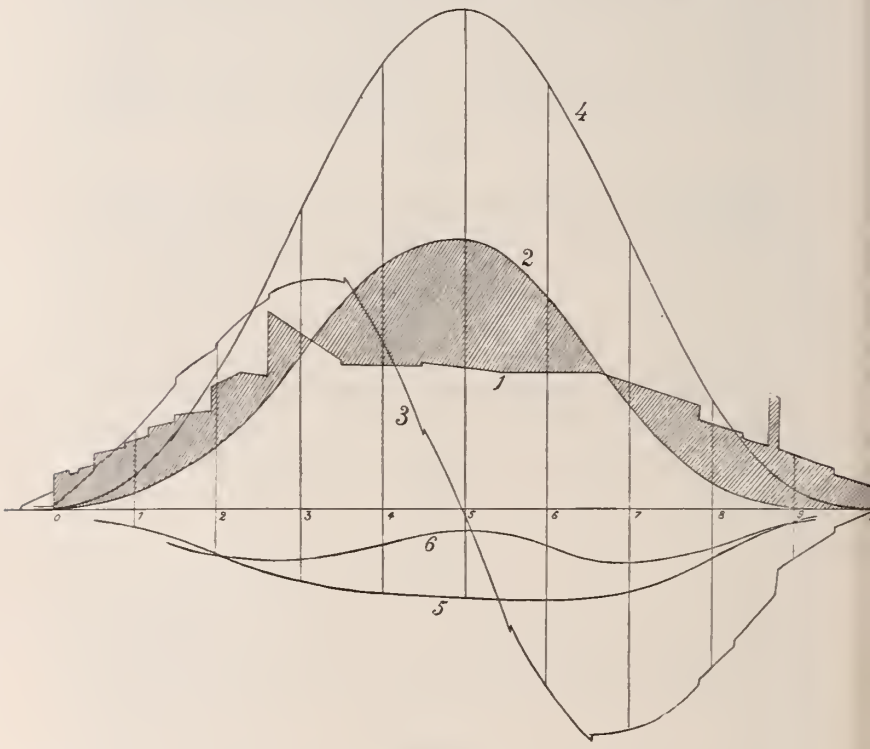


Fig. 7.

vague, sa section transversale médiane coïncidant avec la crête ; dans cette situation, les extrémités n'étant pas soutenues, le navire tend à prendre de l'arc : les parties supérieures travaillent en tension, les parties inférieures en compression. Au contraire, lorsqu'il se trouve dans le creux, entre deux lames consécutives, c'est le milieu qui cesse d'être soutenu et le navire

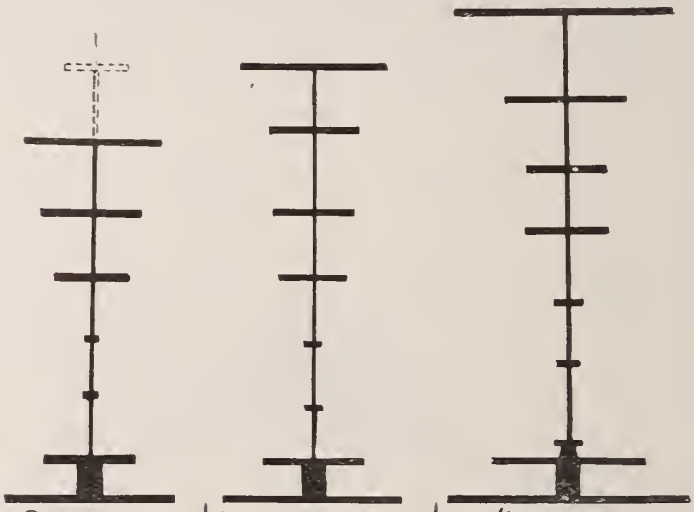
tend à prendre du contre-arc : les parties supérieures travaillent par compression et les parties inférieures par tension. Les fatigues calculées par unité de section des matériaux sont généralement moindres dans le second cas ; il peut cependant arriver qu'il réponde à la position critique, par le fait que le platelage des ponts est généralement moins épais que le bordé des fonds, et peut, sous des efforts de compression, céder par flambage entre les barrots du pont.

La figure 7 reproduit un des nombreux diagrammes obtenus au cours des études relatives à la résistance de la coque du *Mauretania*. La courbe (1) représente les poids : les ordonnées indiquent, à l'échelle, le poids par unité de longueur pour l'abscisse correspondante ; la courbe (2) représente la poussée verticale de l'eau : on n'envisage ici le problème qu'au seul point de vue statique ; on fait abstraction des forces d'inertie et des pressions hydrodynamiques. La différence entre ces deux courbes donne la grandeur des efforts à chaque section. La courbe (3) donne les efforts tranchants, et la courbe (4) les moments fléchissants. La courbe (5) est celle des fatigues maxima ; dans le cas présent ce sont des fatigues de tension, dans la partie supérieure, c'est-à-dire au voisinage du premier pont continu : enfin la courbe (6) donne les fatigues de cisaillement maxima, dans les rivets d'assemblage, à l'axe neutre.

Somme toute, le navire se comporte, au point de vue des efforts longitudinaux, comme une immense poutre métallique. La figure 8 représente ce qu'on appelle les sections de *poutres équivalentes* à la section transversale médiane : les matériaux qui, dans le navire, contribuent à la solidité longitudinale, y sont répartis suivant la position verticale qu'ils occupent. On en déduit la valeur des moments d'inertie, des modules de section, etc. : connaissant la valeur des moments

fléchissants et des efforts tranchants, on calcule les fatigues.

On y a réuni les principaux éléments des *poutres*



	Deutschland		Kaiser Wilhelm II	Mauretania
1	13·85	16·25	16·35	18·95
2	27900	30210	32200	49650
3	748000	961200	1202000	2437000
4	96	102000	137000	250400
5	16000		187000	301000
6	16·7	15·7	13·5	12·5

Fig. 8. — 1. Hauteurs des poutres équivalentes en mètres. 2. Aires de la section droite en cm². 3*. Moments d'inertie en cm² × mètres². 4*. Modules de résistance en cm² × mètres. 5. Moments fléchissants maximum. 6. Fatigues maxima par mm² de section.

* Les surfaces sont exprimées en cm² et les distances en mètres.

équivalentes de trois transatlantiques, le *Deutschland*, le *Kaiser Wilhelm II* et le *Mauretania*. Pour le *Deutschland* la partie en pointillé représente les matériaux du pont abri, au-dessus du premier pont. Cette partie de la superstructure est continue et solidaire de

la structure principale, elle contribue donc à la solidité comme le reste ; seulement, comme elle est construite en tôles relativement minces, l'importance de son rôle dans l'économie générale de la poutre donne lieu à quelques restrictions. Si l'on considère, en effet, le navire soumis à des efforts d'arc, au sommet de la vague, les parties en question travailleront en tension, l'épaisseur des tôles aura donc peu d'influence sur la solidité, et les charges admises par unité de section pourront être les mêmes que pour des tôles plus épaisses. Mais lorsque le navire se trouvera exposé à des efforts de contre-arc, dans le creux des vagues, les tôles minces du pont abri seront soumises à des efforts de compression et pourront céder par flambage entre les supports du pont. Il en résulte une fatigue plus grande pour les parties rigides, c'est-à-dire pour les tôles plus épaisses du même pont qui se trouvent à la jonction avec les murailles du navire. On ne saurait évaluer exactement l'importance de cet accroissement de fatigue, et dès lors cette méthode de construction est peu rationnelle. Elle est cependant consacrée par l'usage, et bon nombre de navires sont construits ainsi, bien que, plus d'une fois, on y ait constaté des signes de faiblesse, entre autres du jeu aux assemblages, et même des ruptures. Il est vrai qu'au point de vue de la sécurité, les conséquences ne sont pas graves, pourvu, bien entendu, que la structure principale, comptée à partir du premier pont, présente à elle seule une résistance suffisante. Après quelques réparations et, au besoin, quelques consolidations, la superstructure continuera à fournir un appoint réel à la solidité du navire, mais dont la valeur nous est inconnue.

Il paraîtrait plus logique, au point de vue de la résistance, de répartir les matériaux d'autre façon : en augmentant les épaisseurs dans la bride supérieure

de la poutre et en les réduisant dans les parties plus rapprochées de l'axe neutre, qui sont moins fatiguées, on obtiendrait, avec la même quantité de matériaux, un module de résistance plus élevée et des fatigues moindres. Seulement il serait dangereux de s'engager dans cette voie à la légère, car on pourrait affaiblir la structure principale sans être certain de fournir à la superstructure l'appoint suffisant pour y suppléer. On a trop peu de renseignements sur la valeur absolue des fatigues éprouvées par le navire en cours de route pour pouvoir se baser sur des considérations théoriques, sans connaître exactement l'importance de chacun des facteurs qui entrent en jeu. Dans le *Kaiser Wilhelm II*, qui a à peu près la même longueur et la même hauteur au couple milieu que le *Deutschland*, on a consolidé la superstructure et réduit la quantité de matériaux plus près de l'axe neutre : le pont abri du *Deutschland* devient ainsi le premier pont, et forme la bride supérieure de la poutre équivalente. Cette disposition est plus rationnelle ; mais on n'a pu économiser d'une part, ce qu'on a dépensé de l'autre, et le changement se traduit par une augmentation du poids de la coque : il y a, en effet, un accroissement de plus de 6 °/₀ dans l'aire de la section droite. Par contre, les fatigues maxima sont de 13.5 kgm par mm² de section, dans le *Kaiser Wilhelm II*, au lieu de 15.7 dans le *Deutschland*, même en faisant entrer en ligne de compte, comme aussi efficaces que le reste de la structure, les tôles plus minces qui constituent le pont abri de ce dernier.

Dans la poutre équivalente du *Mauretania*, on remarquera que les brides supérieures et inférieures, qui contribuent le plus efficacement à la solidité longitudinale, ont pris un grand développement ; aussi les fatigues maxima de tension dans la bride supérieure ne sont-elles que de 12,5 kgm au mm². Quant aux

fatigues de cisaillement ou de glissement à l'axe neutre, elles ne dépassent pas 10 kgm au mm², chiffre inférieur à celui atteint dans beaucoup de navires. On le voit, on n'a sacrifié dans le *Mauretania* ni la solidité, ni la rigidité au profit de la vitesse. D'autre part, le poids de la coque n'a pas augmenté dans les proportions que les chiffres cités pourraient faire croire : c'est que les constructeurs ont cherché à répartir les matériaux d'une façon plus rationnelle qu'il n'est d'usage dans la pratique. On se contente le plus souvent de faire les calculs pour les deux positions du navire indiquées dans la figure 6. Ces données suffisent pour déterminer les « échantillons » au couple milieu, et on réduit les épaisseurs vers les extrémités au jugé, ou d'après les prescriptions des sociétés de classification. Mais en examinant les résultats d'un grand nombre de calculs, pour plusieurs positions du navire par rapport à des vagues de longueur et de hauteur différentes, on parvint à déterminer les « échantillons » à adopter aux diverses sections transversales, et il en résulta une économie sensible sur la pratique courante. La courbe (6) de la figure 7 indique que la fatigue maxima admise reste à peu près constante sur une grande longueur du navire ; si elle diminue assez rapidement aux extrémités, c'est qu'il faut bien maintenir une certaine épaisseur de tôle pour résister aux efforts locaux.

Si les calculs peuvent intervenir d'une manière utile dans la détermination des « échantillons » des parties de la coque contribuant à la solidité longitudinale, il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit de déterminer ceux des membrures et des autres parties de la charpente assurant la solidité transversale. La grande diversité des modes de sollicitation qui peuvent se présenter en pratique, et l'impossibilité d'arriver à évaluer directement la valeur des réactions aux points d'appui,

introduisent un si grand nombre d'inconnues dans le problème qu'il devient pratiquement insoluble. Aussi les « échantillons » des différentes parties de la charpente qui supportent le bordé de la coque et des ponts sont-ils obtenus empiriquement, par comparaison avec ceux de navires existants. On trouvera plus loin, dans la description de la coque du *Mauretania*, des détails sur les dimensions des divers éléments de la charpente.

Navigabilité et stabilité. — La première de ces deux qualités nautiques impose aux transatlantiques rapides, qui doivent maintenir leur allure par tous les temps, un franc-bord très élevé : le premier pont de la structure principale doit donc se trouver à une grande hauteur au-dessus de la flottaison normale, sans cela, les ponts promenoirs seraient inaccessibles par mauvais temps, et les superstructures légères seraient exposées aux coups de mer. Le *Mauretania* a son premier pont à 9 mètres au-dessus de la flottaison : de plus, le bordé de la coque est prolongé à l'avant sur une longueur de près de 90 mètres, jusqu'au pont abri, portant ainsi à 13 mètres — la hauteur d'une maison à 3 étages — le franc-bord à l'étrave. Malgré cela, il n'est pas rare de voir, au cours d'une forte tempête, d'énormes masses d'eau s'abattre sur ce pont et en rendre l'accès impossible. Toutes les ouvertures pratiquées dans cette partie si exposée, sont munies d'appareils à fermeture étanches, d'une grande solidité. L'avant des superstructures qui s'élèvent sur le pont abri, à 30 mètres de l'étrave, est encore exposé aux chocs des vagues balayant ce pont, et on a dû le construire en forme de bouclier, avec des tôles de 25 mm d'épaisseur.

La navigabilité exige aussi que la stabilité initiale ne soit pas trop grande : en d'autres termes, il faut éviter que le navire étant écarté de sa position d'équilibre d'un angle modéré, les forces qui l'y ramènent ne soient trop considérables et ne lui impriment des mouvements trop

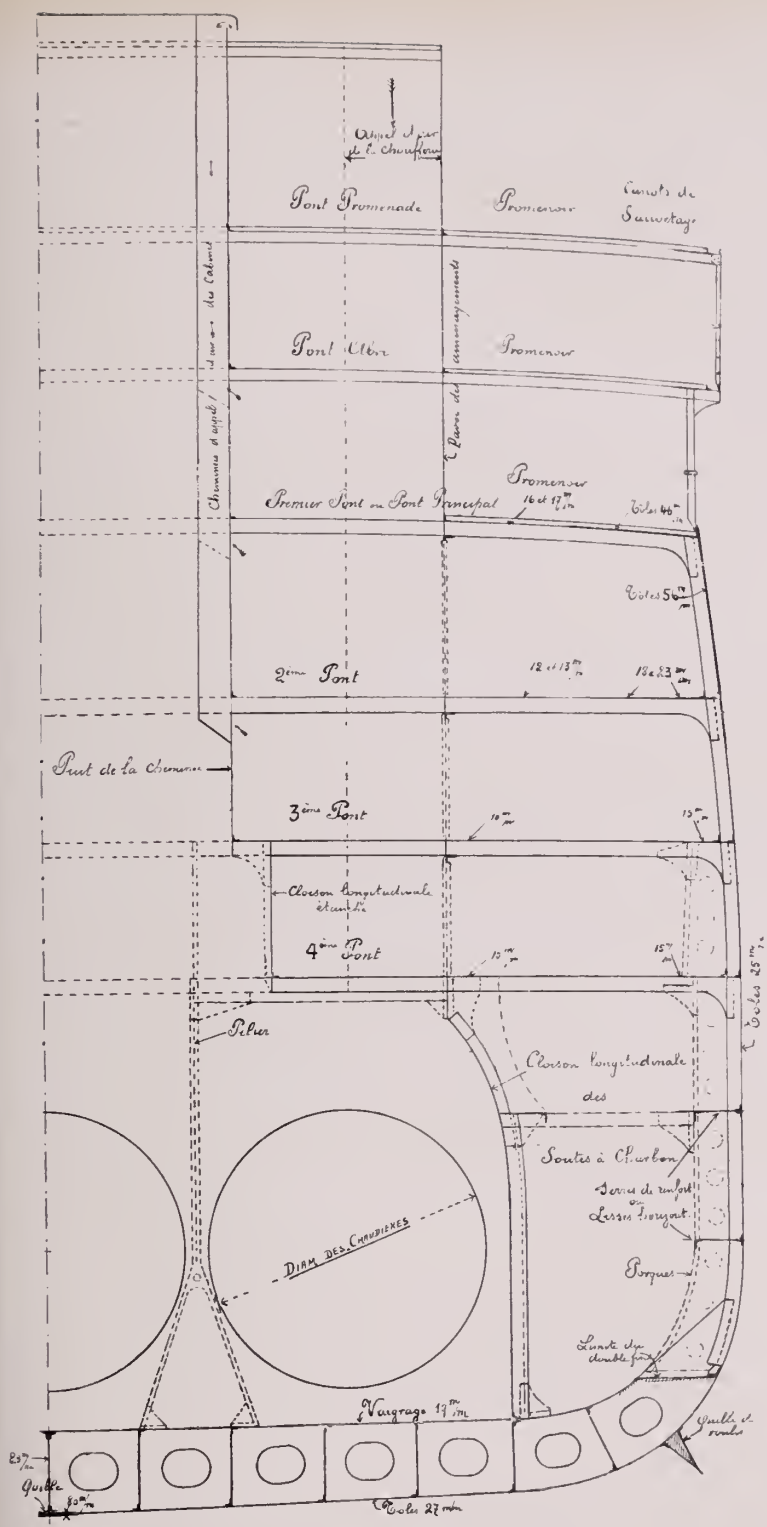


PLANCHE I. Demi-coupe transversale du *Mauretania*. vers le milieu.

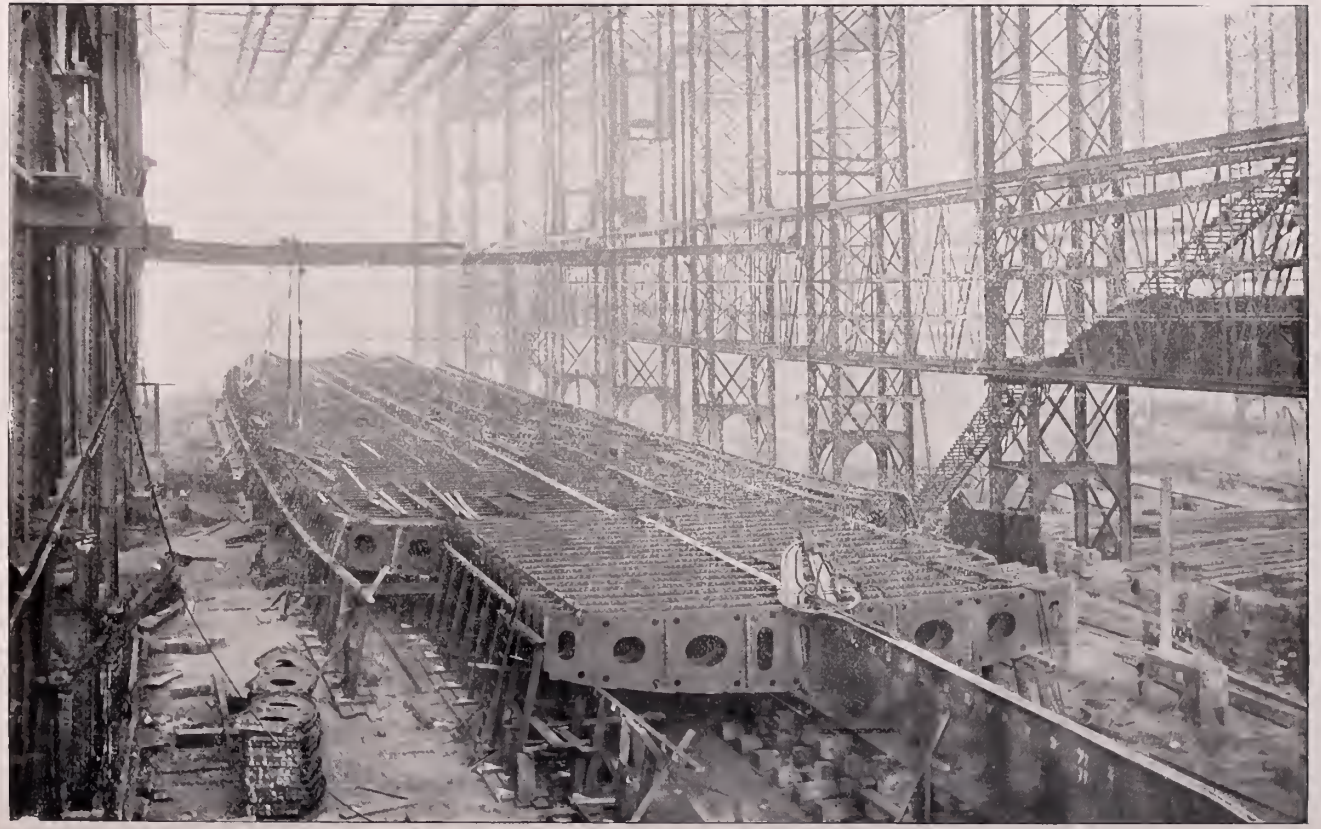


PLANCHE II. Double fond, au début de la construction.

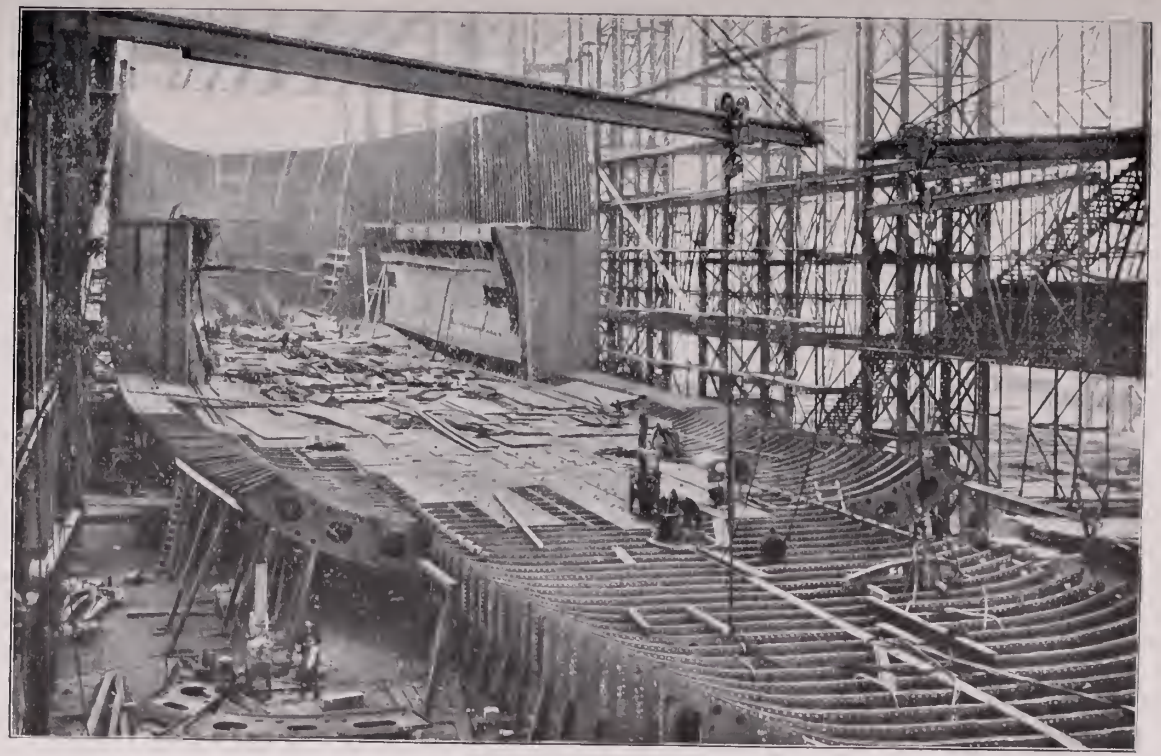


Planche III. Vue du *Mauretania* au cours de la construction.

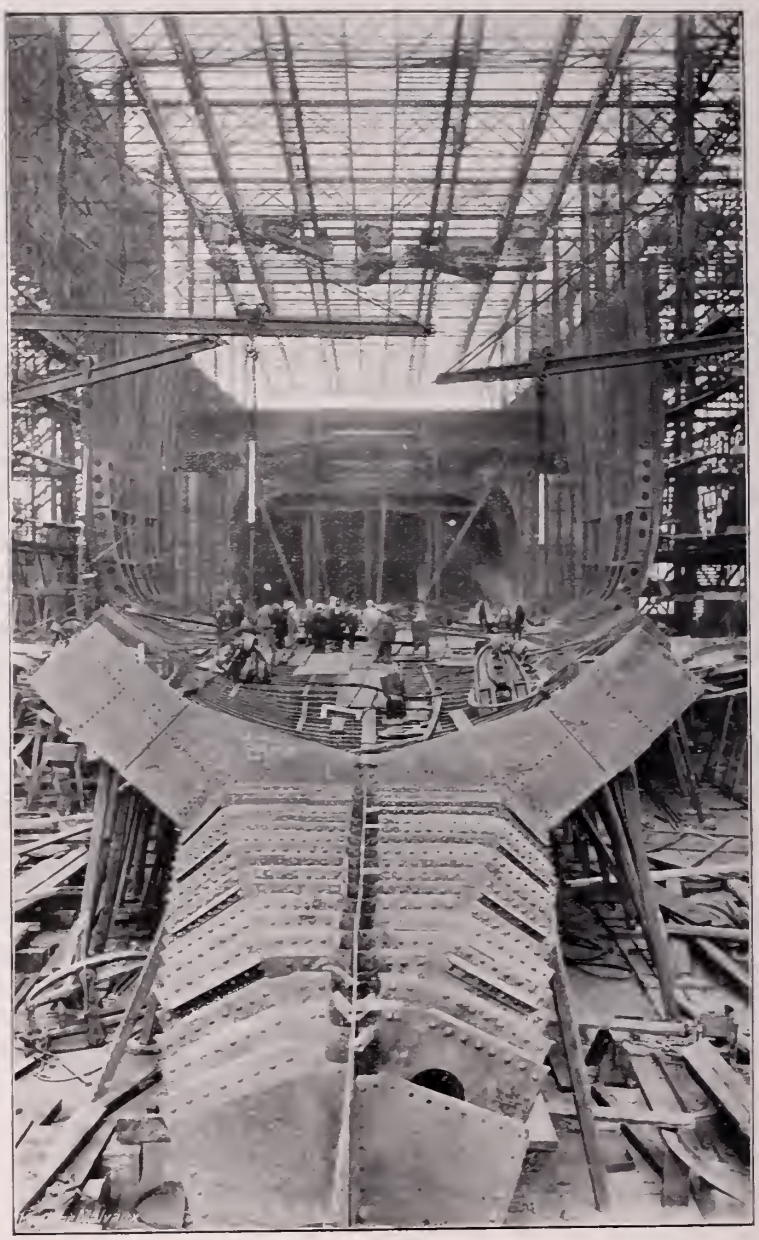


Planche IV. Vue à l'arrière, vers la chambre des machines.

Planche V. Vue de l'arrière.

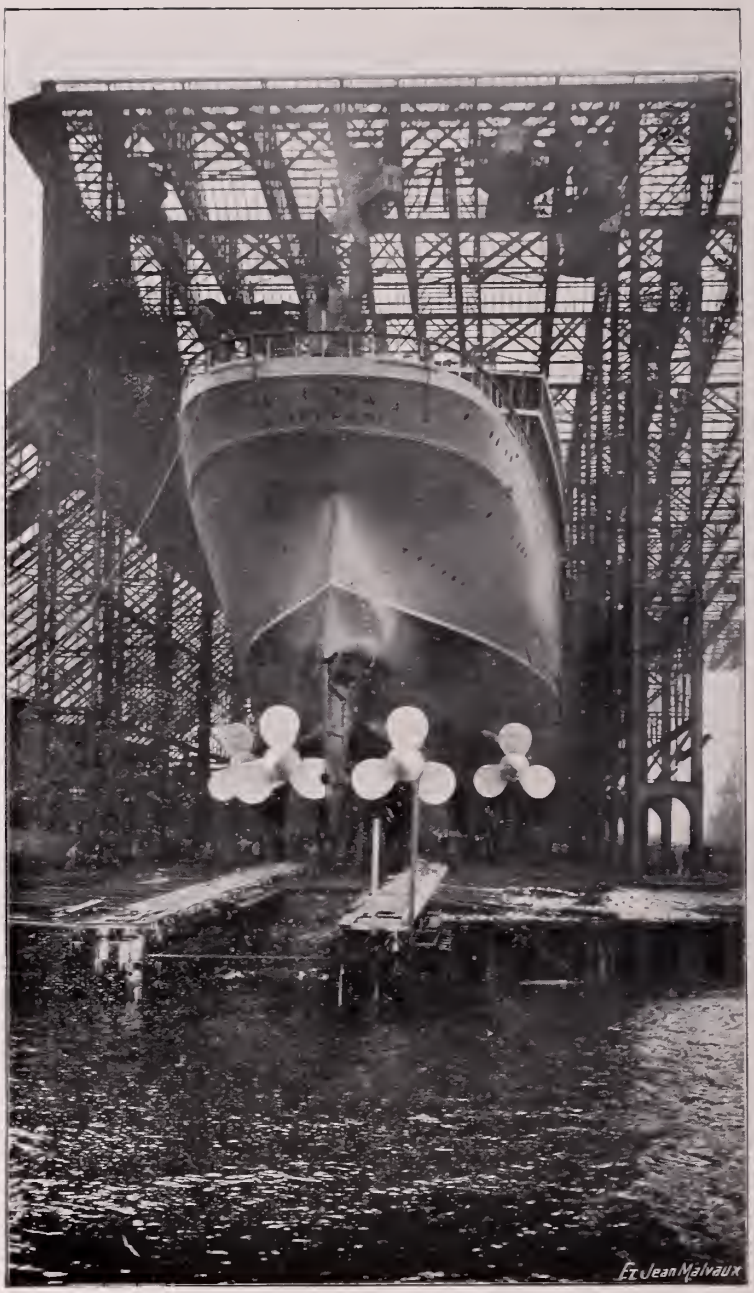


Planche VI. Avant le lancement.

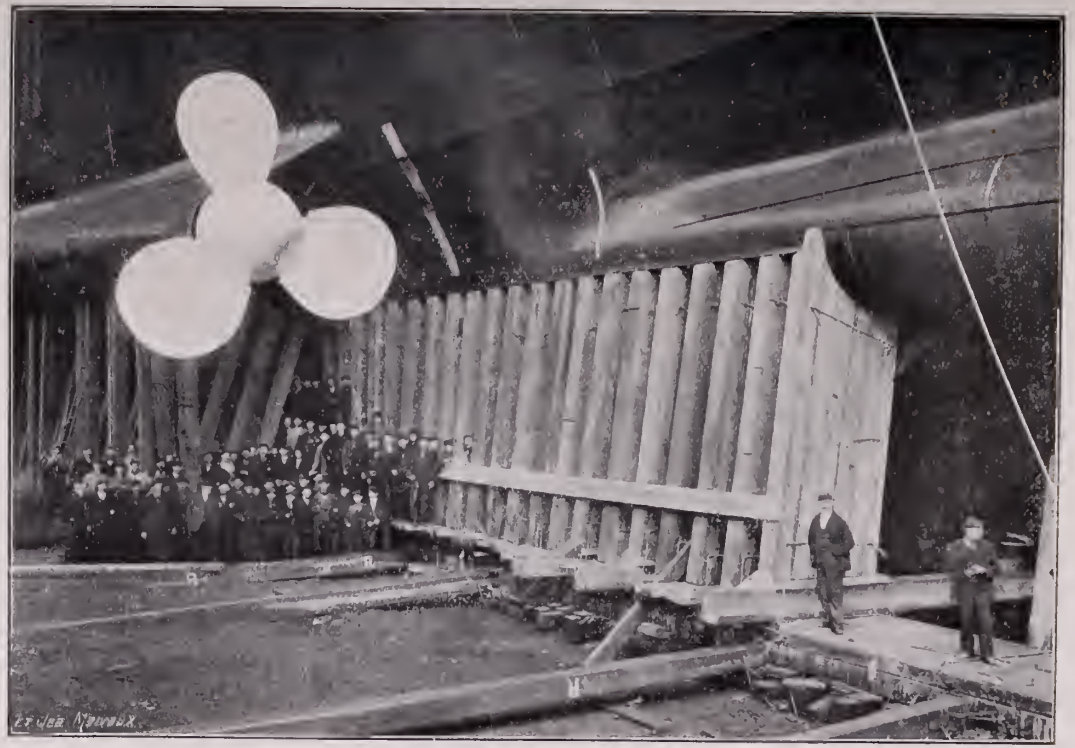


PLANCHE VII. Berceau de lancement, à l'arrière.

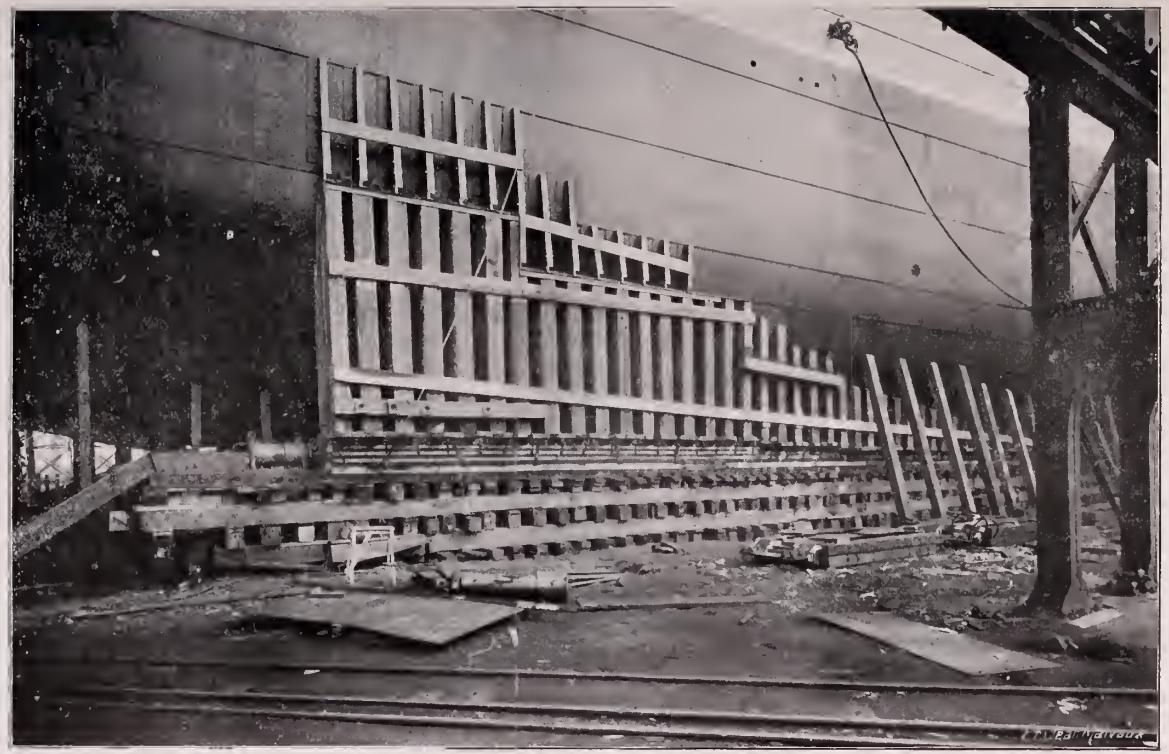


Planche VIII. Berceau de lancement à l'avant.

brusques, car il aurait alors, en mer houleuse, une tendance à suivre les impulsions des vagues et, comme un pendule à courte période, oscillerait rapidement, ce qui fatiguerait la structure et incommoderait les passagers. Par contre, une stabilité initiale réduite présente aussi de sérieux inconvénients : le déplacement d'un poids lourd à bord, ou l'action du vent sur les superstructures, occasionneraient une bande fort incommode ; de plus, si par suite d'un accident, l'eau envahissait une partie du navire, la stabilité pourrait

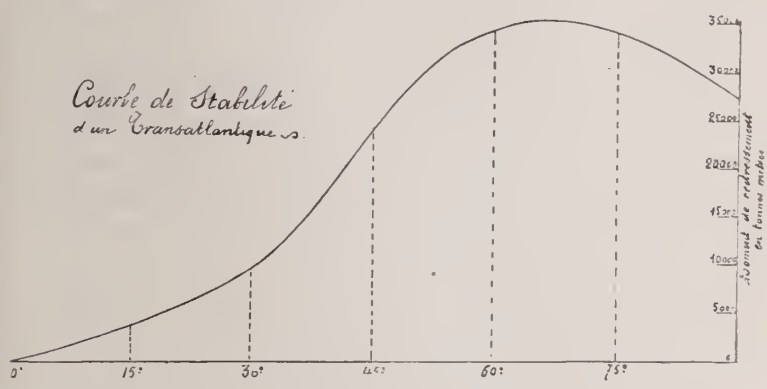


Fig. 9.

disparaître rapidement et le chavirement se produire. A ce point de vue, les grands navires présentent de grands avantages sur ceux de dimensions moyennes ; on peut, en effet, leur assurer une stabilité convenable, car l'inertie de leur énorme masse leur donne une période d'oscillation de longue durée, qui atténue les mouvements de roulis, et ils se prêtent à une plus grande subdivision, sans que les compartiments deviennent trop réduits pour les usages pratiques.

La figure 9 représente la courbe de stabilité d'un transatlantique d'un déplacement de 25 000 tonnes, qui s'est admirablement comporté en mer. Les ordonnées

donnent la valeur du couple des redressements aux angles d'inclinaison représentés par les abscisses.

Subdivision du Mauretania par cloisons étanches. — Douze cloisons transversales étanches subdivisent le navire en treize compartiments principaux, depuis le vaigrage du double fond, jusqu'au second pont, à une hauteur minima de 5,20 m au-dessus de la flottaison normale. Deux cloisons longitudinales, une de chaque côté, occupent toute la longueur de la chambre des machines et des chaudières, soit plus de la moitié du navire. D'autres cloisons partielles s'étendent des cloisons longitudinales jusqu'au bordé. Enfin, le quatrième et le troisième pont sont rendus étanches sur une partie de leur longueur, en sorte qu'en y ajoutant les cellules du double fond, on arrive à un total de plus de 170 compartiments étanches. Des calculs détaillés montrent que les parois pourraient être déchirées sur une longueur de 24 mètres sans que le navire coure le danger de sombrer ou de chavirer.

Un système, plus ou moins complet, de cloisons étanches existe dans tous les navires à vapeur : mais son efficacité est souvent compromise par une construction défectueuse, ou par la présence des portes permettant la circulation du personnel : au moment critique, on oublie de les fermer, ou elles ne fonctionnent pas. Souvent aussi, les cloisons cèdent sous la poussée de l'eau.

Pour prévenir ces accidents, chaque cloison a été étudiée séparément et construite de manière à ce que le niveau de l'eau puisse s'élever, à l'intérieur, jusqu'au sommet, sans que la charge de sécurité soit dépassée. Quant au danger résultant de la présence des portes soi-disant étanches, on l'a évité par un système mis en vogue par le *Norddeutscher Lloyd*, et adopté depuis par plusieurs grandes lignes. Il consiste à munir chacune des ouvertures d'une porte à guillo-

tine fermant hermétiquement et commandée par un piston hydraulique ; la puissance motrice est fournie par un jeu de pompes et d'accumulateurs.

Grâce à une disposition ingénieuse des cylindres et du tuyautage, il suffit de la manœuvre d'une seule vanne, au poste du commandant, pour que toutes les portes se ferment simultanément. Une sonnerie électrique avertit le personnel de la manœuvre, et les portes s'ébranlent assez lentement pour éviter les accidents. Encore, la circulation entre compartiments voisins n'est pas absolument interrompue : chaque porte peut, en effet, être manœuvrée sur place, au moyen d'un levier commandant la distribution du cylindre hydraulique ; mais la porte ne reste ouverte qu'aussi longtemps qu'un homme agit sur le levier ; dès que celui-ci est abandonné à lui-même, la porte se referme. Un jeu de lampes électriques fait connaître au commandant les portes qui s'ouvrent, pour lui permettre d'établir les responsabilités en cas d'abus. En temps de brouillard, ou en cas de danger, le commandant ferme toutes les portes ; même par beau temps, la manœuvre se fait trois ou quatre fois par jour pour s'assurer que tout fonctionne parfaitement.

Description de la coque et détails de construction. — La planche I représente une demi-coupe transversale, au couple milieu : rapprochée de quelques vues prises au cours de la construction, elle permettra au lecteur de se former une idée assez exacte de la charpente. Elle se compose d'une ossature transversale, constituée par les varangues du fond, les membrures des côtés, et les barrots des ponts. Des liens longitudinaux assurent la solidarité des membres transversaux ; des bordés en tôle recouvrent l'ossature et constituent l'enveloppe étanche de la coque et le platelage des ponts. Ce sont ces bordés qui forment les principaux éléments de la solidité longitudinale.

La *quille* se compose de trois tôles superposées, placées horizontalement, d'une épaisseur totale de 80 mm. et larges de 1.30 m. Une tôle verticale de 25 mm d'épaisseur et de 1.50 m de hauteur, est reliée à la quille au moyen de cornières formant avec elle un ensemble continu sur toute la longueur du navire, et constituant en quelque sorte l'épine dorsale de l'ossature : on l'aperçoit à l'avant-plan de la planche II. Les varangues, ou membrures transversales des fonds, viennent se placer de part et d'autre du plan diamétral, et sont reliées par des cornières à la tôle verticale sur la quille. Ces varangues sont formées de tôles de 1.50 m de hauteur et de 12 mm d'épaisseur, espacées de 80 cm : elles sont percées de larges trous de forme ovale pour diminuer leur poids et permettre la circulation dans le double fond. Elles sont garnies, sur leur pourtour, de cornières qui les relient au bordé de la coque et à celui du vaigrage, ou bordé intérieur, délimitant le double fond. Celui-ci s'étend sur toute la longueur du navire et, de même que les varangues, a une hauteur de 1.50 m, portée à 1.80 m dans la chambre des machines. La planche II montre une partie du double fond en place, et donne une idée de l'agencement des différentes parties.

En dehors du double fond, l'ossature comprend des membrures verticales en profils de 250 mm de hauteur, et espacées de 80 centimètres, comme les varangues. Elles sont d'une pièce, depuis la paroi latérale du double fond jusqu'au premier pont. De distance en distance — 2,40 m environ — les murailles sont consolidées, depuis le double fond jusqu'au troisième pont, par des membrures plus fortes, ou « porques », indiquées en pointillé sur le couple milieu (planche I), et formées d'un assemblage de tôles et de cornières. Des lisses longitudinales lient ces porques entre eux et servent de points d'appui aux membrures. Les barrots des ponts, comme les

membrures des profils qui les supportent, sont en forme d'U de 250 mm de hauteur. Quelques-uns ont près de 27 mètres de longueur. Les planches III, IV et V indiquent la disposition des différentes pièces de l'ossature. Les formes contournées que l'on voit dans la figure V, ont pour but de livrer passage à l'arbre de l'hélice.

Quatre ponts subdivisent la partie principale de la coque au centre ; aux extrémités ce nombre est porté à six, par deux ponts placés au niveau des lisses horizontales.

Au-dessus du premier pont et sur une grande longueur, s'élèvent trois étages de superstructures, en sorte qu'il y a, en tout, huit étages, dont les six supérieurs sont occupés par les aménagements pour passagers.

La cloison longitudinale, indiquée sur la coupe, planche I, s'étend des deux côtés sur toute la longueur des quatre chambres des chaudières, et limite les soutes à charbon. Elle contribue à la solidité du navire, supporte les barrots du quatrième pont, et sert de point d'appui aux épontilles de support des autres.

Le bordé extérieur, ou enveloppe étanche de la coque, est composée de bandes longitudinales ou « virures », dont les tôles ont de 25 à 27 mm d'épaisseur, excepté à la partie supérieure où quatre virures sont formées de deux tôles superposées, d'une épaisseur totale de 56 mm. Le bordé intérieur du double fond a 19 mm ; quant au platelage des ponts, on a, pour le troisième et le quatrième, 10 mm, avec une virure de 15 mm à la jonction avec le bordé de la coque. Au deuxième pont, le platelage a de 12 à 13 mm avec trois virures de chaque côté, ayant respectivement 18, 20 et 23 mm. Enfin, au premier pont, le plus important au point de vue de la solidité, les tôles ont 16 et 17 mm ; des tôles de doublage portent l'épaisseur à 46 mm à la jonction avec le bordé. Les quatre virures supérieures du bordé

de la coque, ainsi que les tôles du premier et du deuxième pont, sont en acier de qualité spéciale : la charge de rupture est voisine de 60 kgm au mm², avec une limite d'élasticité de 31 kgm et un allongement d'au moins 20 °/₀ pour une éprouvette de 200 mm.

Ces épaisseurs sont maintenues sur une certaine longueur, au milieu du navire, et diminuent graduellement jusqu'aux extrémités, où elles ne sont plus que de 9 mm pour les ponts et de 15 mm pour le bordé. L'espacement des membrures est de 80 centimètres, sur une grande partie de la longueur ; il descend à 63 centimètres aux extrémités.

Les superstructures au-dessus du premier pont sont construites en matériaux légers : les tôles ont de 6 à 8 mm d'épaisseur. Si ces constructions étaient continues, dans le sens de la longueur, comme elles sont solidaires de la charpente principale, les matériaux qui les constituent subiraient, comme ceux de la coque, des fatigues proportionnelles à leur distance à l'axe neutre ; or ces tôles, vu leur peu d'épaisseur, seraient incapables de résister aux efforts de compression, et les superstructures céderaient aux endroits les plus faibles. Pour prévenir cette éventualité, on a ménagé, de distance en distance, sur tout le pourtour d'une section droite, des solutions de continuité. Toutes les pièces longitudinales : tôles, cornières, planches, sont donc coupées et un espace de quelques centimètres est laissé entre leurs extrémités. Au cours des fortes tempêtes, lorsque la coque est soumise à de grands efforts de flexion, on voit ces rainures s'ouvrir et se fermer de plusieurs centimètres. Grâce à ce jeu, chaque tronçon des superstructures se comporte comme s'il était indépendant du reste de la charpente, et les matériaux ne sont plus soumis à des fatigues trop grandes. On a d'ailleurs soin de placer, au-dessus des rainures, des couvre-points fixés à l'extrémité d'un tronçon et glis-

sant librement sur l'autre, ce qui conserve l'apparence de la continuité.

Construction du navire. — Le *Mauretania* a été construit sous une halle couverte de plus de 40 mètres de hauteur, et d'une largeur de 30 mètres, entre les colonnes. La toiture est entièrement vitrée ; les côtés sont fermés en partie par un vitrage, et en partie par des planches à claire-voie ; les extrémités restent ouvertes. A la charpente du toit, sont suspendues cinq paires de rails sur lesquels circulent, sur toute la longueur de la halle, cinq grues électriques pouvant soulever et transporter des charges de trois et de cinq tonnes ; lorsqu'un poids plus lourd doit être soulevé, deux grues sont attelées à la besogne. Cette disposition facilite beaucoup la construction et permet de gagner du temps en protégeant les ouvriers contre les intempéries du climat. Il existe cependant peu de chantiers pourvus d'un outillage de ce genre ; généralement la construction se fait à l'air libre, et des mâts de charge, placés de distance en distance, de chaque côté de la cale de construction, servent à la mise en place des matériaux.

La construction d'un navire est entamée par la mise en place et le rivetage des divers éléments qui constituent la quille : celle-ci apparaît à l'avant-plan de la planche II qui montre une partie du double fond. Les varangues, membrures, porques, barrots et autres parties de l'ossature, sont façonnés d'avance d'après des dessins de grandeur naturelle ou « gabarits ». Les pièces qui peuvent être rivées ensemble avant leur mise en place, comme les tôles et les cornières des varangues, sont réunies, à la machine, dans des ateliers réservés à ce travail, puis transportées à la cale de construction. On aperçoit à l'avant-plan, à gauche, de la planche II, un grand nombre de varangues entassées qui attendent que les grues électriques viennent les

prendre, une à une, pour les placer de part et d'autre de la quille.

Après que les formes du contour extérieur ont été vérifiées, et au besoin corrigées, des riveuses hydrauliques portatives fixent les assemblages. Ce rivetage à la machine donne un travail bien supérieur à celui qui se fait à la main, surtout lorsque le diamètre du rivet dépasse 25 mm : il est même le seul pratique pour les rivets dépassant 30 mm de diamètre. Seulement, lorsque ce rivetage doit se faire sur place, au moyen de machines portatives, il devient coûteux et prend beaucoup de temps par suite des difficultés de transport et de manutention de ces lourdes machines. Les grues mobiles et les grues fixes, qu'on aperçoit sur les figures, ont singulièrement facilité ce travail dans la construction du *Mauretania*, en permettant d'adapter ce système de rivetage à toutes les parties de la coque exposées aux plus grandes fatigues.

La planche III montre la construction à une période plus avancée : on voit les membrures et les porques en place à l'avant : les soutes latérales d'une des chaufferies sont en voie d'achèvement.

La planche IV montre les barrots de plusieurs ponts ; les porques et les serres de renfort, sur les côtés, sont déjà placés.

La planche V donne une vue vers l'arrière ; ici encore on peut suivre la disposition des éléments de la charpente. Les formes contournées, qui se voient sur les côtés, marquent la position des arbres d'hélice à l'intérieur du navire. Enfin, la planche VI montre l'arrière muni de ses hélices. Elles paraissent bien petites ! Elles ont cependant 5 mètres de diamètre, ce qui permet de juger de l'aspect imposant du navire à la veille de quitter le chantier.

Lancement du navire. — On procède à la mise à l'eau du navire dès que la coque est achevée et avant

tout aménagement intérieur. A ce moment, le *Mauretania* pesait près de 17 000 tonnes, 17 millions de kgm. Le lancement d'une pareille masse est une opération extrêmement délicate qui réclame une expérience technique consommée, et exige de multiples précautions. Voici comme on le prépare et on le réalise.

Le navire se construit sur un terrain incliné, à peu près perpendiculairement à la rive, sur des empillages en bois qui le maintiennent à une certaine distance du sol. Dès que la construction est assez avancée, on aménage sous le navire, de chaque côté de la quille, un plan incliné, dont la partie supérieure est formée de poutres de fort équarrissage, et qu'on prolonge en rivière jusqu'à un endroit où la profondeur d'eau est suffisante. Ces plans inclinés se voient à l'avant-plan de la planche VI où leurs extrémités sont à sec, mais au moment du lancement, la marée les aura submergés de deux à trois mètres. Chacun d'eux a une largeur de 1,80 m, et leur inclinaison est de 1 cm par mètre. Sur ces plans inclinés, on construit les « berceaux » de lancement dont la partie inférieure, la « savate », est constituée de fortes poutres en bois, boulonnées ensemble et disposées longitudinalement. La « savate » repose sur la « cale de lancement » sur laquelle elle glissera, grâce à l'interposition d'une épaisse couche de suif. L'espace compris entre la savate et la coque est rempli par des empillages de bois qui complètent le berceau et porteront, pendant le lancement, tout le poids du navire.

La planche VII est une vue de la cale et du berceau de lancement à l'arrière ; la distance entre la savate et la coque est très grande, et les empillages sont constitués de fortes poutres disposées verticalement. La forme contournée donnée à la coque a pour but de recouvrir l'arbre d'hélice et permet de le maintenir à l'intérieur jusqu'à l'arrière. La disposition à l'avant est représentée

par la planche VIII : les formes verticales de la coque, en cet endroit, ne présentant pas de point d'appui suffisant au berceau, des consoles, formées de tôles et de cornières, ont été rivées aux parois.

Lorsque le moment du lancement est venu, on enlève tous les bois qui ont servi à supporter le navire pendant la construction. Celui-ci repose alors sur son « berceau », prêt à glisser le long du plan incliné, mais immobilisé par de puissants engins de retenue. On les déclanche à un signal convenu, et le navire, abandonné à lui-même, s'ébranle majestueusement. La scène est des plus impressionnantes. La foule énorme, accourue pour assister à ce spectacle, voit l'immense masse accélérer son mouvement jusqu'à atteindre une vitesse de 26 km à l'heure : on comprend que les forces humaines seraient impuissantes à prévenir une catastrophe, si, par suite d'un oubli, d'une négligence, d'une faute de calcul, les dispositions prises se trouvaient être insuffisantes. Mais l'angoisse dure peu : bientôt la glissade s'achève, et l'avant du navire plonge, d'un mouvement gracieux, entouré d'un épais nuage de fumée : le frottement de la savate contre la cale de lancement a volatilisé le suif. C'est la fin de l'opération, saluée par des clameurs enthousiastes (planche IX).

La rivière n'a que 350 m de large en face de la cale de lancement : le navire, laissé libre, irait se briser sur la rive opposée : mais douze gros câbles d'acier, rattachés chacun à une masse de 80 tonnes traînant sur le sol, arrêtent son élan. Tout cet amas de câbles, d'ancres et de vieilles plaques de blindage, pesant ensemble un millier de tonnes, a été traîné sur une distance de plus de 40 m. Un câble s'est malencontreusement enroulé autour d'une poutre carrée, de 30 cm de côté, plantée dans le sol ; elle est arrachée et brisée comme un fétu de paille.

Après le lancement, le navire est amarré, en face du chantier de construction, à une trentaine de mètres du quai, où il reste en eau profonde à marée basse. Un pont en treillis le rattache au chantier.

La mise à bord des machines et des chaudières commence immédiatement. Avant le lancement, on n'avait mis en place que quelques machines auxiliaires, les hélices et leurs arbres de commande. Une grue flottante, munie d'appareils de propulsion, va prendre aux ateliers les différentes parties démontées de ces engins et les place à bord. La planche X montre une grue flottante embarquant une des chaudières pesant 120 tonnes. Il fallut manipuler ainsi un poids total de près de 9000 tonnes : tout ce travail réussit à merveille et sans qu'on ait eu à déplorer aucun accident.

Description des machines et des chaudières (fig. 10). — L'appareil de propulsion comprend deux groupes, composés chacun d'une turbine de haute et d'une turbine de basse pression. Chacune de ces quatre turbines attaque directement un arbre de couche qui se prolonge à l'intérieur du navire, passe à l'extérieur, à travers un presse-étoupe, et porte l'hélice qu'il commande. Les deux turbines de haute pression, placées, de part et d'autre, dans les compartiments latéraux de la chambre des machines, commandent des hélices reportées à environ 27 m en avant de l'étambot ; les deux autres hélices, placées à l'arrière et beaucoup plus rapprochées du plan diamétral, sont commandées par les turbines à basse pression, qui occupent les compartiments du milieu.

L'action de la vapeur dans les turbines n'est pas réversible, comme dans les machines à mouvement alternatif : on ne peut changer le sens de la rotation, en renversant l'admission de la vapeur. Pour faire « machine arrière », on procède de la manière suivante : sur l'arbre de commande de l'hélice, une seconde

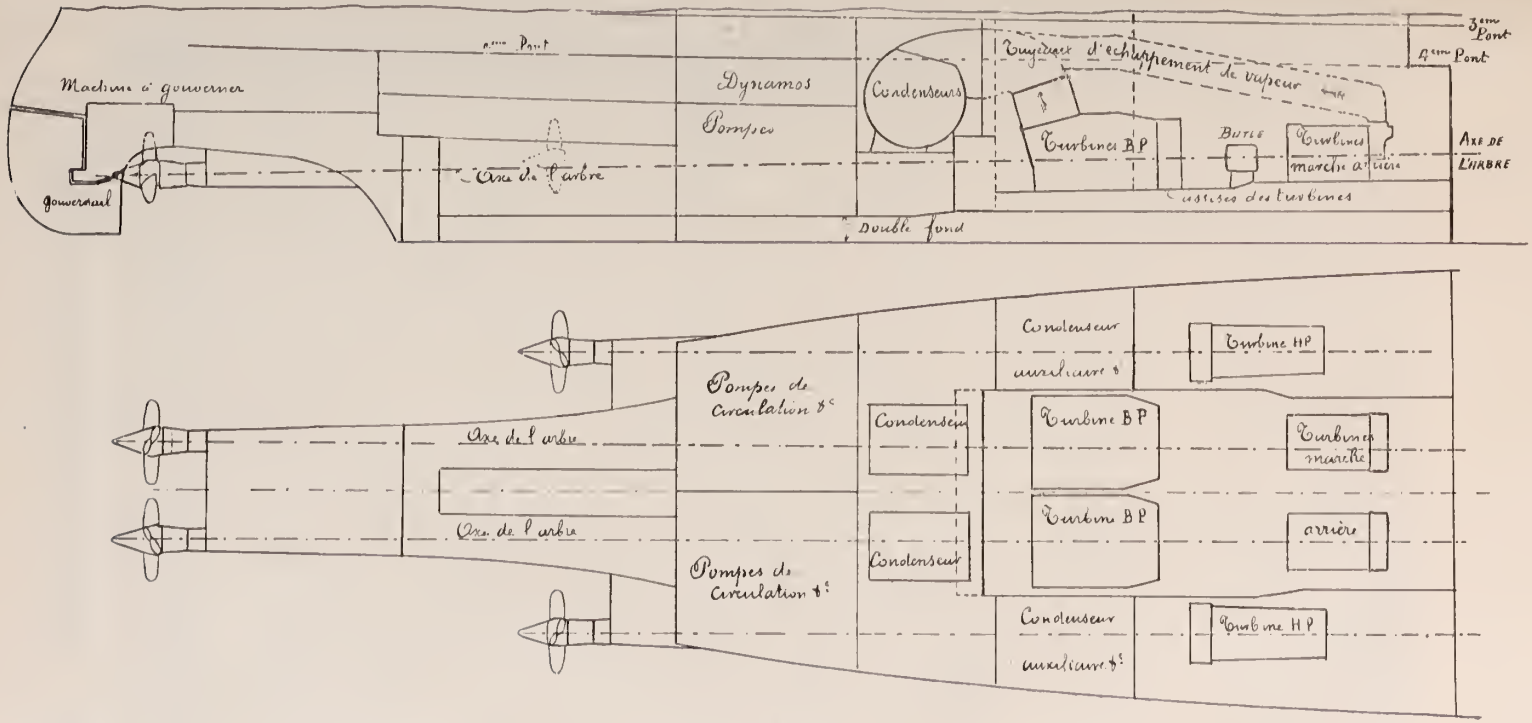

Machine à gouverner
gouvernail
2ème Pont
Axe de l'arbre
Dynamos
Pompes
Condenseurs
Tuyaux d'échappement de vapeur
Turbines B P
Butée
Turbines marche arrière
assises des turbines
Double fond
3ème Pont
4ème Pont
Axe de l'arbre
Pompes de circulation &c
Condenseur
Condenseur auxiliaire &c
Turbine HP
Turbine B P
Turbines marche
arrière
Turbine B P
Condenseur
Condenseur auxiliaire &c
Turbine H P
Axe de l'arbre
Axe de l'arbre
Pompes de circulation &c

Fig. 10.

turbine a été calée, dont les ailettes sont orientées en sens inverse de celles de la turbine principale. En marche normale, cette seconde turbine tourne à vide, entraînée dans son mouvement par la première. Pour renverser le sens de la marche on ferme la soupape d'admission à la turbine principale, et la vapeur se rend directement à la turbine auxiliaire ; celle-ci agit d'abord comme frein, puis comme moteur en sens inverse. Dans le *Mauretania* et le *Lusitania*, on a disposé une turbine de ce genre sur chacun des arbres des turbines à basse pression, et en avant de celles-ci ; les hélices centrales agissent donc seules pour la marche arrière, tandis que les turbines latérales et leurs hélices tournent à vide. L'expérience a montré qu'avec des turbines auxiliaires suffisamment puissantes, les manœuvres s'exécutent aussi rapidement qu'avec les machines ordinaires. Mais ici il faut deux turbines supplémentaires, tournant le plus souvent à vide. La présence de ces masses inertes réduit, dans de fortes proportions, l'économie de poids et d'emplacement qu'on aurait pu, sans cela, réaliser.

Les turbines du *Mauretania* sont du système Parsons, le plus répandu dans la marine. Chaque turbine se compose d'un tambour cylindrique, calé sur l'arbre moteur, et garni, sur la surface extérieure, d'ailettes en bronze de dimensions et de formes appropriées. Ces ailettes sont disposées diamétralement, en couronnes parallèles convenablement espacées. Le tambour est mobile à l'intérieur d'une enveloppe concentrique garnie, à sa surface intérieure, d'ailettes également disposées en couronnes parallèles, et s'engageant dans les espaces libres entre les couronnes du tambour mobile.

Les figures 11 et 12 représentent schématiquement la disposition des ailettes. La première est une coupe longitudinale partielle, d'un côté de la turbine ;

la seconde représente, à une échelle plus grande, une coupe normale aux génératrices des ailettes; les flèches indiquent le chemin suivi par la vapeur : elle passe d'abord entre les ailettes d'une couronne fixe qui lui

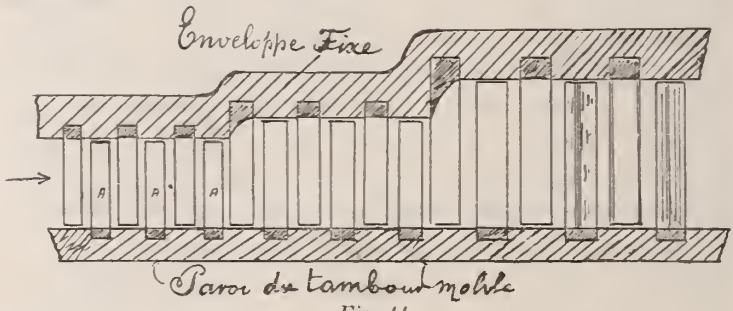


Fig. 11.

donnent la direction voulue pour qu'elle rencontre, sous un angle convenable, les ailettes de la première couronne du tambour, orientées en sens inverse. Elle presse ces ailettes mobiles, et passe par une seconde couronne fixe qui la ramène dans la direction voulue

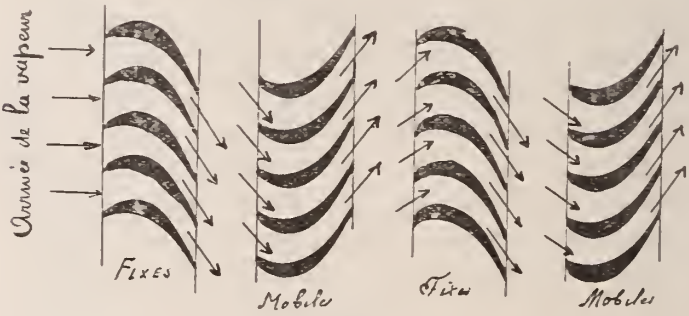


Fig. 12.

pour produire une nouvelle pression motrice sur une seconde série d'ailettes mobiles. La vapeur continue sa course, en agissant successivement sur toutes les couronnes du tambour, et c'est ainsi que se produit l'impulsion qui transmet à l'arbre la puissance motrice nécessaire. Les ailettes sont au nombre de plusieurs

centaines de mille sur les tambours des quatre turbines ; une pression de quelques centaines de grammes par ailette suffit à fournir les 70 000 chevaux dont on a besoin. On remarquera, sur la figure 11, que la longueur des ailettes, de même que la distance entre le tambour et son enveloppe, augmente à mesure que la vapeur progresse. C'est qu'en passant à travers la turbine, la vapeur se détend, et il convient que les dimensions des ailettes, leur espacement et leurs formes, soient établis en vue d'une utilisation aussi complète que possible de l'énergie contenue à chaque instant dans la vapeur.

Pour obtenir un rendement satisfaisant avec une turbine à vapeur, il faut que les ailettes mobiles aient une vitesse périphérique en rapport avec l'énorme vitesse d'écoulement de la vapeur. On y arrivait, au début, en donnant une grande vitesse de rotation aux tambours ; mais cette solution, qui convient fort bien lorsque la turbine commande une dynamo, ne donne plus d'aussi bons résultats pour la propulsion des navires, où le bon rendement des hélices demande une vitesse moindre de rotation.

On est arrivé à donner aux ailettes la vitesse périphérique requise, tout en maintenant la vitesse de rotation des hélices dans des limites acceptables, en donnant aux turbines un grand diamètre. Mais cette solution, si simple en théorie, n'a pu être pratiquement adoptée que grâce aux nombreux perfectionnements apportés à la construction des différents éléments de ces appareils.

On jugera des dimensions qu'il a fallu donner aux turbines du *Mauretania*, par les chiffres suivants. Le tambour de la turbine de haute pression a un diamètre de 2,44 m ; les ailettes ont une longueur de 65 mm à l'entrée de la vapeur, et de 300 mm à l'autre extrémité. Le tambour de la turbine de basse pression a un diamètre

de 3.56 m ; la longueur des ailettes varie de 200 à 560 mm. La turbine, avec son enveloppe, mesure plus de 5,50 m de diamètre ; sa longueur est de 15 m et elle pèse 300 000 kgm. La turbine, pour la marche en arrière a un tambour de 2,64 m de diamètre, ses ailettes varient de 50 à 200 mm de longueur. Ici la détente de la vapeur est moins forte et cette turbine est moins économique ; mais son fonctionnement est intermittent et de courte durée.

Détails de construction des turbines du Mauretania. — Les tambours des turbines étant animés d'une vitesse périphérique qui atteint 60 mètres à la seconde, leur construction a exigé des précautions spéciales pour prévenir la rupture sous l'action de la force centrifuge. Chaque tambour se compose de plusieurs tronçons de forme cylindrique, à section droite annulaire, munis, à l'extrémité, de collets intérieurs par lesquels ils sont réunis suivant des plans perpendiculaires à l'axe ; à l'intérieur, une série de nervures consolident les parois. Chaque tronçon a été forgé d'une pièce, avec ses collets et ses nervures, sans soudure ni joint. La construction du tambour de chacune des turbines de basse pression a exigé un lingot d'acier de 1.80 m de diamètre, pesant 120 000 kgm. Il a été soumis, à l'état liquide et dans son moule, à une pression de 12 000 tonnes pour assurer sa parfaite homogénéité. La planche XI, fig. 1, représente le tambour de la turbine de basse pression après que les surfaces intérieures et extérieures, ébauchées à la forge, ont été façonnées au tour au diamètre voulu. L'épaisseur des parois varie de 48 à 53 mm, abstraction faite de l'épaisseur des nervures et des collets.

Le tambour est muni à chaque extrémité d'un disque en acier moulé, par lequel il est calé sur l'arbre moteur. La planche XII représente le tambour complètement achevé et muni de ses ailettes. La planche XI, fig. 2, montre la partie inférieure de l'enveloppe de la

Planche IX. Le *Mauretania* quittant la cale de lancement.

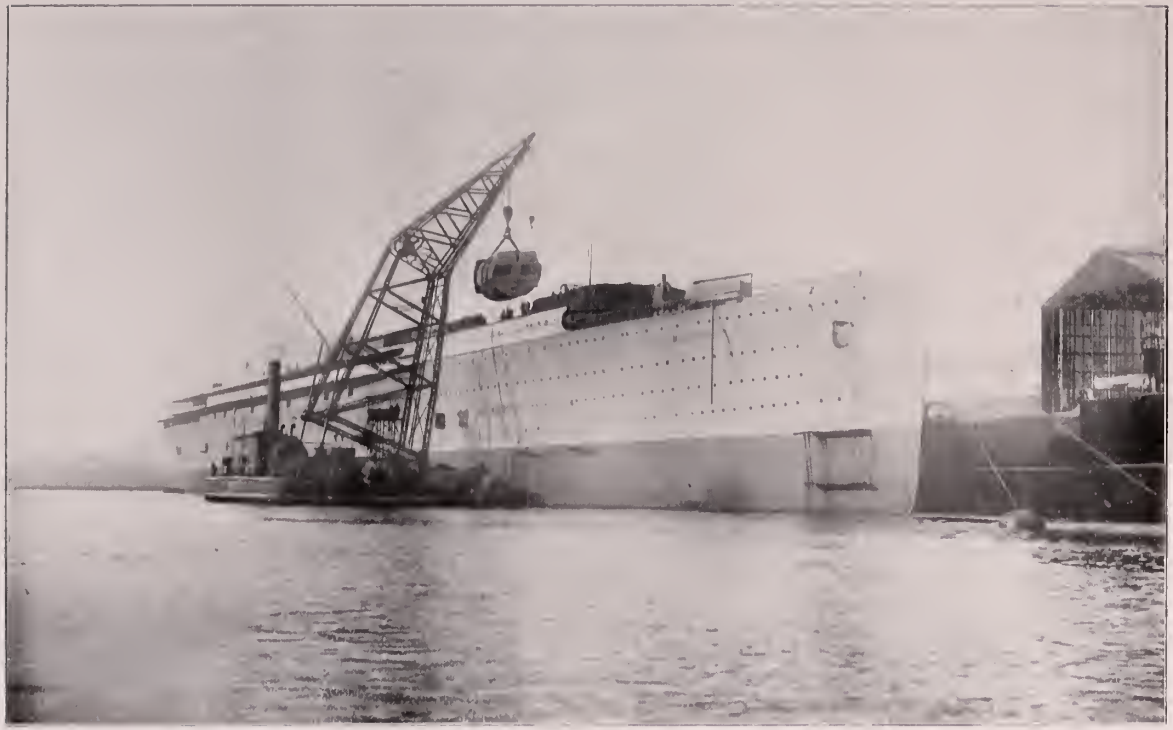
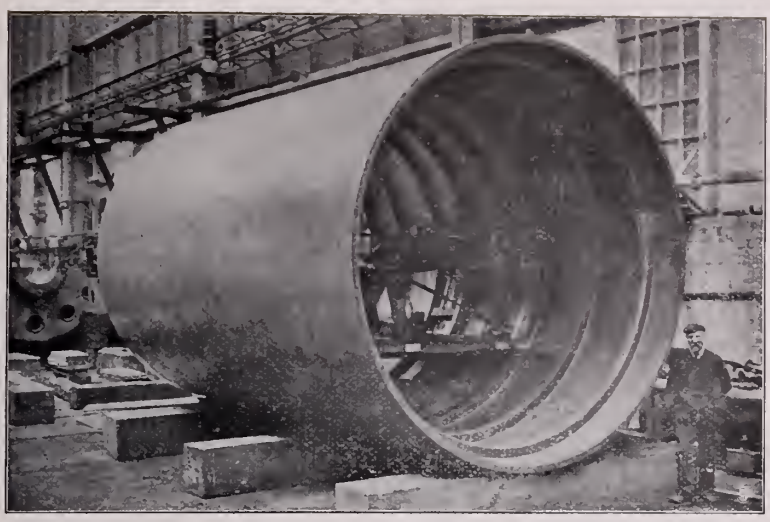


Planche V. Mise à bord d'une chaudière.



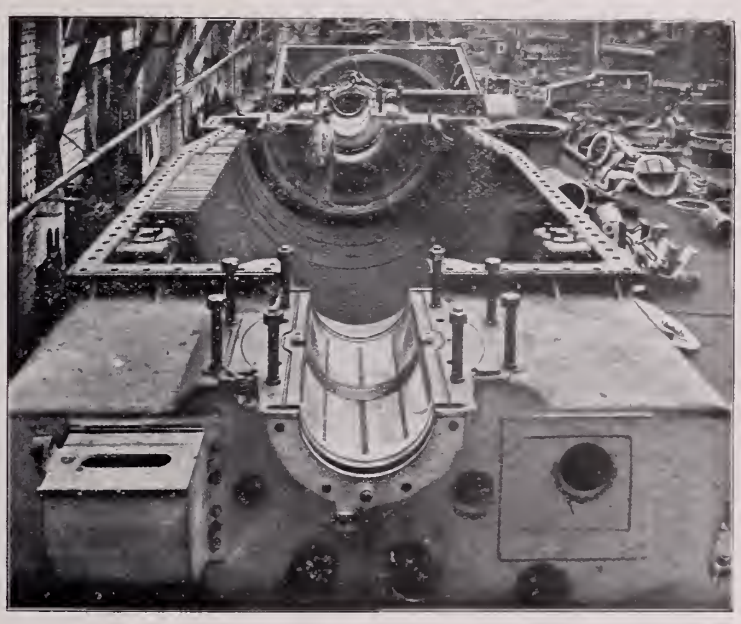


Planche XI. *Fig. 1.* Tambour sans ailette d'une des turbines à basse pression.
Fig. 2. Partie inférieure de l'enveloppe.

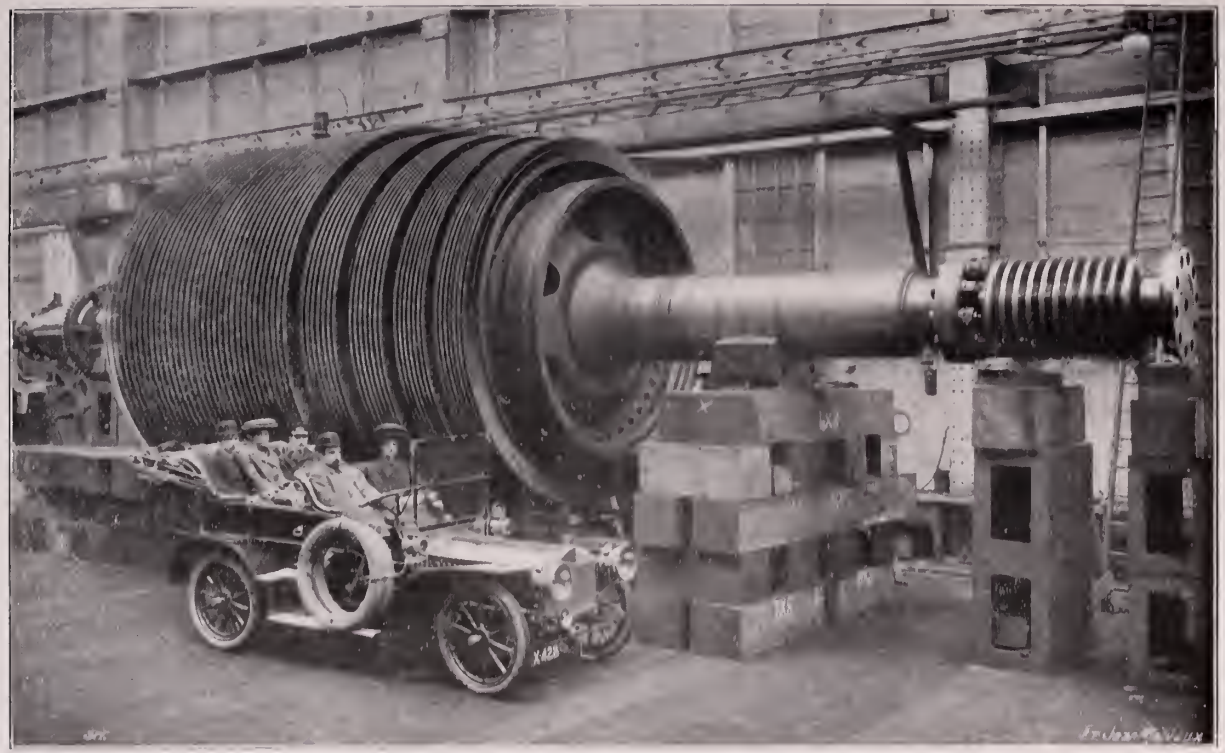
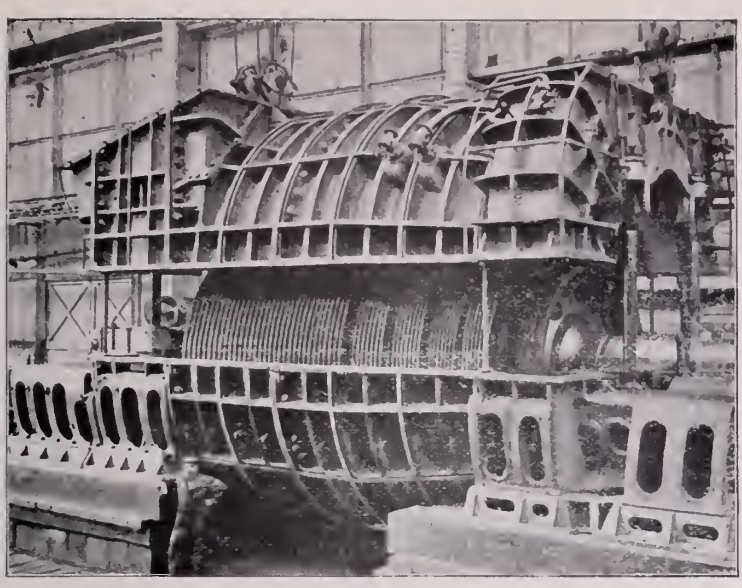


Planche XII. Tambour, muni de ses ailettes, d'une turbine à basse pression.



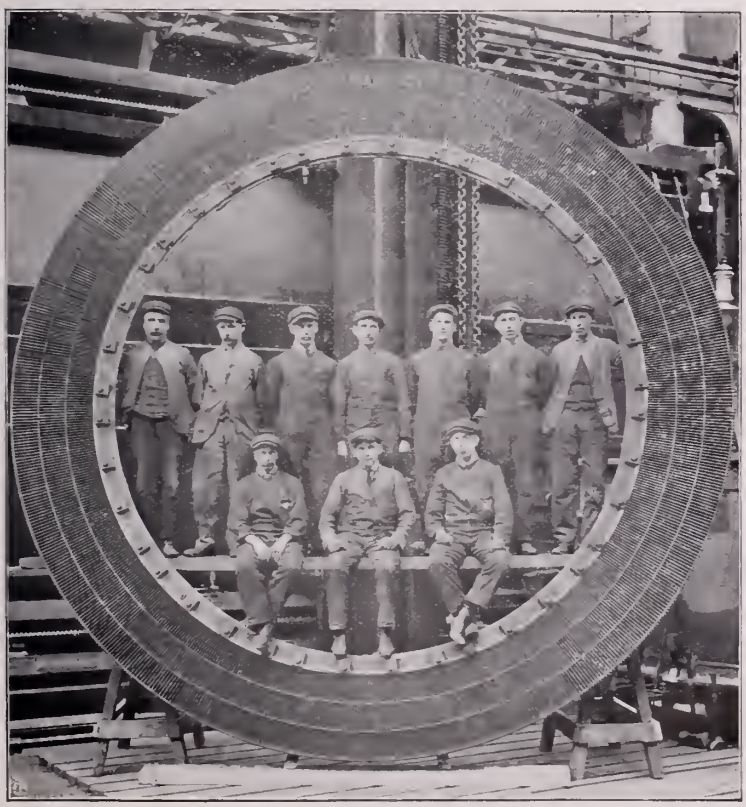


Planche XIII. *Fig. 1.* Turbine à basse pression dans son enveloppe.
Fig. 2. Une couronne d'ailettes.

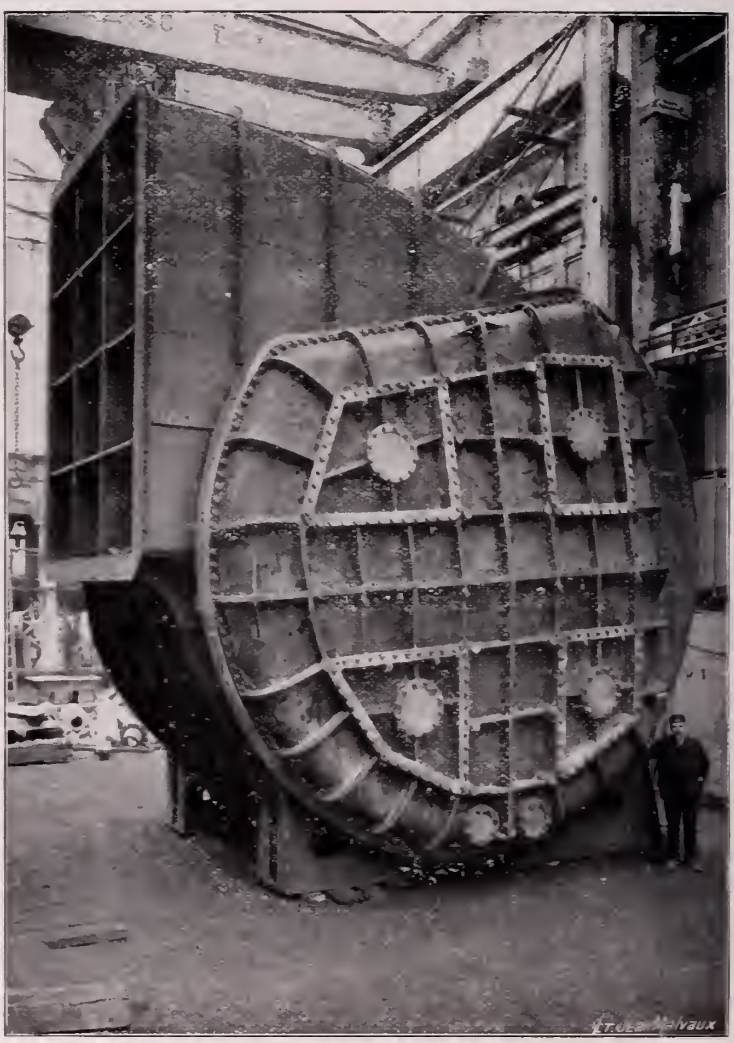


Planche XIV. Condenseur à surface.

Planche XV. Pont-promenoir de première classe.

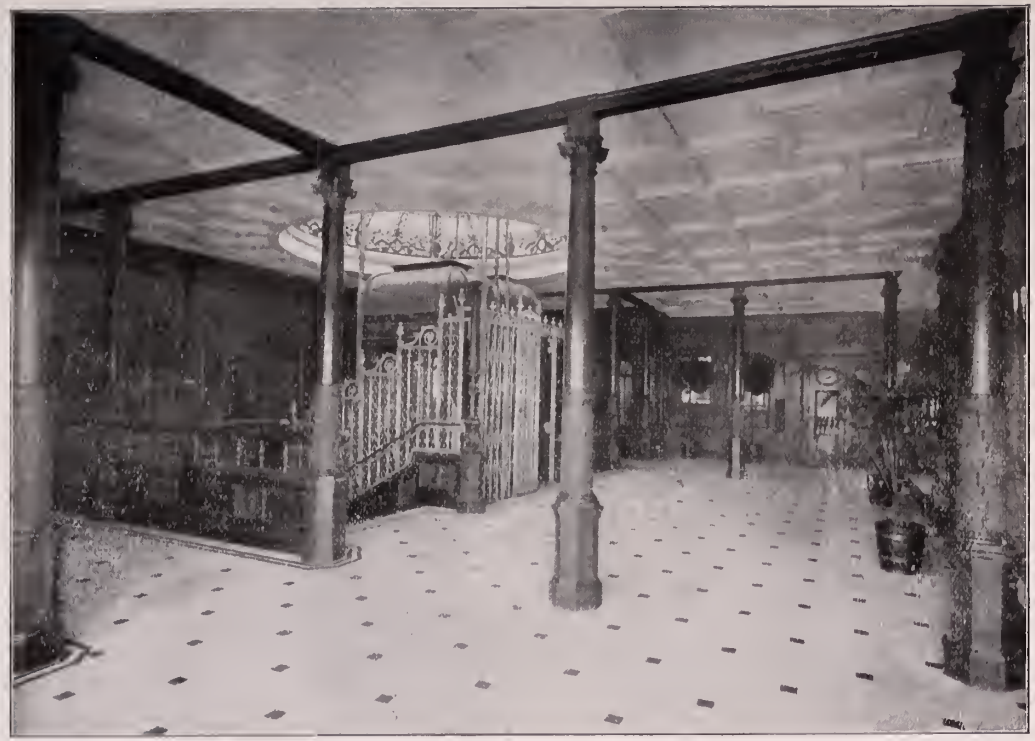


Planche XVI. Vestibule et cage d'escalier avec ascenseurs. Première classe.

turbine, et la planche XIII, fig. 1, la turbine à basse pression achevée et prête à être démontée pour le transport à bord. La moitié supérieure de l'enveloppe est soulevée et laisse voir le tambour mobile en place.

Les ailettes sont fixées dans des rainures à section rectangulaire, ménagées à la surface du tambour et de l'enveloppe. Dans les premières turbines, ces ailettes étaient mises en place une à une ; l'opération prenait beaucoup de temps. Actuellement, des machines spéciales permettent d'en réunir un grand nombre en forme de segment de couronne, au diamètre exact de la rainure. Ces segments peuvent être préparés d'avance, et le travail d'achèvement se trouve singulièrement simplifié. On voit, sur la planche XIII, fig. 2, une couronne d'ailettes formée de huit segments, destinée à la turbine de basse pression.

La construction et le montage d'une turbine à vapeur réclament une extrême précision, si l'on veut réaliser un bon rendement. Il est notamment nécessaire de réduire au strict minimum le jeu entre l'enveloppe et les ailettes mobiles, sinon la quantité de vapeur passant par les interstices, sans produire de travail utile, acquerrait une importance désastreuse. En pratique, ce jeu n'est qu'une fraction de millimètre ; on comprend dès lors qu'avec des turbines de plusieurs mètres de diamètre, il faille un travail singulièrement soigné pour arriver à pareille précision. Il faut en outre prévoir l'effet des dilatations inégales, par suite de différences de température entre les diverses parties des turbines, et celui d'une flexion du tambour entre ses points d'appui ; cela aussi nécessite une étude des détails particulièrement soignée. Ainsi, pour éviter une répartition inégale des pressions sur les coussinets, par suite d'une légère flexion de l'arbre des turbines, on a donné une forme légèrement sphérique aux surfaces en contact. De plus, les ailettes sont terminées, à leur extré-

mité, par une arête très tranchante, afin que, si elles viennent en contact avec la surface intérieure de l'enveloppe, elles s'émoussent sans difficulté et que l'ajustage se fasse automatiquement.

Chaudières. — Il y a, à bord du *Mauretania*, vingt-cinq chaudières à retour de flammes, d'un usage général dans la marine marchande. Vingt-trois sont doubles : elles ont quatre foyers à chaque extrémité ; les deux autres, de même diamètre mais moins longues, n'ont que quatre foyers à une extrémité. Le diamètre de toutes ces chaudières est de 5,25 m, et la longueur de 6,70 m pour les vingt-trois doubles et 3,66 m pour les deux autres. Le nombre total des foyers est de 192, la surface de grille atteint 378 m² et la surface de chauffe 15 000 m², un hectare et demi. La pression de vapeur est de 13,7 kgm au cm². Pour pouvoir résister à cette pression, les tôles sont en acier spécial qui a donné, aux essais, les caractéristiques suivantes : résistance à la rupture par traction, 58 kgm au mm² ; élongation, 20,9 % sur une largeur de 254 mm ; limite d'élasticité, 34,4 kgm au mm². L'épaisseur des tôles de l'enveloppe extérieure est de 35 mm.

Les chaudières sont groupées dans quatre compartiments séparés ; pour chaque groupe il y a une cheminée de forme ovale dont la section droite a 7,20 m de long et 5 m de large ; le sommet des cheminées s'élève à 47 mètres environ au-dessus de la quille, soit à 37 mètres au-dessus de la flottaison normale.

Le tirage des cheminées ne suffit pas pour assurer une combustion assez active sur la grille ; on y supplée en recourant au tirage forcé du système Howden. Quelques chiffres donneront une idée de l'importance de cette installation.

L'air est aspiré, dans chacun des quatre compartiments des chaudières, par huit ventilateurs, accouplés deux à deux à un moteur électrique de 50 chevaux,

soit, pour l'installation complète, trente-deux ventilateurs et seize moteurs d'une puissance totale de 800 chevaux. L'air pénètre dans la chaufferie par des conduites de section rectangulaire de 1,80 m sur 2,40 m ; il y en a six pour chaque compartiment. Elles traversent tous les ponts et aboutissent au sommet des superstructures, où elles sont surmontées d'un manche à air de 1,90 m de diamètre, ce qui donne une section totale de 68 m², pour les quatre chaufferies. L'air frais, guidé par des écrans, traverse l'espace occupé par les chauffeurs, devant les foyers, pour se rendre aux ventilateurs qui le refoulent, par une canalisation en tôles, vers les foyers, sous une pression qui peut au besoin atteindre 9 cm d'eau.

La vapeur produite dans les chaudières se rend à deux tuyaux collecteurs, qui ont 60 cm de diamètre près de la chambre des machines, et pénètre dans les turbines de haute pression où elle subit une première détente. De chacune de ces turbines, elle passe à une turbine de basse pression par un tuyau dont la section a près de 3 m² de surface ; là, elle subit une seconde détente et arrive au condenseur par une canalisation de section rectangulaire de 16 m² de section droite.

Les condenseurs à surface, au nombre de deux, sont du type en usage dans la marine. Comme tout, dans cette installation, ils se distinguent par leurs énormes dimensions (planche XIV). La vapeur se condense sur la surface extérieure d'une série de tubes à l'intérieur desquels circule un courant d'eau froide. Les tubes ont un diamètre extérieur de 19 mm ; ils sont en laiton de 1,2 mm d'épaisseur, et réalisent, dans les deux condenseurs, une surface refroidissante de 7700 m². L'eau de circulation est prise à la mer par quatre groupes de deux pompes centrifuges, actionnés chacun par une machine à vapeur monocylindrique, développant

350 chevaux-vapeur, soit en tout 1400 chevaux, fournissant une circulation de 312 m³ à la minute. Les quatre tuyaux qui conduisent l'eau au condenseur ont un diamètre de 815 mm.

Les vannes des tuyaux à vapeur et les soupapes de commande sont de dimensions telles qu'il a fallu recourir à l'emploi de machines à vapeur, ou de puissants moteurs électriques, pour assurer leur manœuvre suffisamment rapide. Les moteurs de commande des soupapes d'admission à la turbine de basse pression sont de 12 chevaux. Les machines à vapeur qui commandent les soupapes de manœuvre ont des cylindres de 300 mm de diamètre et 375 mm de course.

Pour achever de donner une idée de l'importance et des complications de cette installation mécanique, signalons encore la présence à bord de 60 pompes à vapeur, de tous genres : pompes de circulation, pompes à air, pompes d'alimentation des chaudières, pompes des services alimentaires et de lavage, et d'autres encore, auxquelles il faut ajouter une multitude d'appareils qu'il serait trop long de décrire : réchauffeurs de l'eau d'alimentation, évaporateurs d'eau de mer, appareils de distillation, etc.

Installation électrique. Machines frigorifiques. Chauffage. Ventilation, etc. — L'installation électrique comprend quatre turbines à vapeur Parsons, actionnant chacune une dynamo à courant continu d'une capacité de 375 kilowatts à 110 volts. Elle est répartie dans deux compartiments séparés, afin de diminuer les chances d'arrêt complet en cas d'accident. Les dynamos fournissent le courant à 6 000 lampes à incandescence et à 150 moteurs électriques de toutes dimensions.

Deux machines frigorifiques maintiennent à la température convenable, l'une la chambre à provisions du navire, d'une capacité de 370 m³, l'autre les cales de

transport des viandes congelées, d'une capacité de 600 m³.

Nous ne décrirons pas les appareils destinés à la manœuvre des ancres, des chaînes, etc. ; qu'il nous suffise de dire que les ancres pèsent chacune 10 tonnes, et que les chaînons des câbles de retenue ont une longueur de 570 mm et une largeur de 350 mm. Ils sont formés de tiges de fer d'un diamètre de 95 mm, et sont capables de résister à un effort de traction de 370 000 kgm.

La question du chauffage et de la ventilation, si importante au point de vue de l'hygiène et de l'agrément du séjour à bord, et dont le manque de place et les difficultés d'installation rendent la solution trop souvent défectueuse, a été l'objet de toute l'attention qu'elle mérite. On a eu recours à un système en vogue depuis quelque temps, mais auquel on a donné un développement inusité. Plus de cinquante ventilateurs électriques aspirent l'air du dehors et le refoulent dans autant de canalisations, qui le distribuent aux différents appartements. En hiver, au sortir du ventilateur, cet air traverse un appareil de chauffage à la vapeur, où il est porté à la température voulue ; un petit jet de vapeur lui donne le degré d'humidité nécessaire. Dans les cuisines, les lavoirs, etc., la ventilation se fait par aspiration, afin d'éviter qu'il ne s'établisse un mouvement d'air chargé d'odeur vers les locaux des passagers. L'installation permet de renouveler l'air des cabines et des salons toutes les huit ou dix minutes, sans causer de courants d'air fâcheux.

Cette simple énumération, bien incomplète, donne une idée de la complexité du mécanisme d'un transatlantique moderne, et permet d'apprécier la responsabilité qui incombe à l'ingénieur chargé de la conduite et de l'entretien des machines motrices et de tous leurs accessoires. Il la partage avec un personnel d'élite,

placé sous ses ordres, et qui le seconde dans sa tâche. Il comprend 35 mécaniciens, 33 graisseurs, 204 chauffeurs et 120 soutiers, soit en tout 392 hommes, répartis en trois équipes, se relayant toutes les quatre heures.

Aménagements pour les passagers. — Tout a été conçu en vue d'offrir aux passagers le maximum de luxe et de confort, et de leur enlever la sensation d'être à l'étroit, qui fait que beaucoup de voyageurs préfèrent les navires moins rapides, mais plus spacieux, du type intermédiaire. On jugera de ce qui a été fait dans ce sens par le tableau suivant, qui met en regard les chiffres se rapportant à deux des derniers transatlantiques express et qui donne, en mètres carrés, la surface de pont mise à la disposition de chaque passager. Dans ces chiffres est comprise la surface des cabines, des salons, des salles à manger, des ponts promenoirs (planche XV), en un mot de tous les endroits accessibles au public de chaque classe.

	Mauretania	*Kaiser Wilhelm II*
Nombre de passagers de première	560	770
Surface des ponts en mètres carrés par passager de première classe	11	6
Nombre de passagers de troisième	1300	770
Surface des ponts en mètres carrés par passager de troisième classe	3	2

Les aménagements des passagers de première classe occupent, à la partie centrale du navire, la moins exposée aux mouvements de tangage, une hauteur de cinq étages. A chacun de ceux-ci, un vaste vestibule donne accès à un escalier monumental dont la cage est occupée par deux ascenseurs électriques, fonctionnant continuellement lorsque l'état de la mer le permet. La planche XVI donne une vue du vestibule, à l'étage supérieur, et de la cage d'escalier. Il occupe une surface de 15 mètres sur 10. Le parquet est recouvert d'un dallage

en caoutchouc ; la boiserie est en noyer sculpté, style italien du xve siècle.

La salle à manger de première classe (planche XVII) est à deux étages. La salle principale a 25 mètres de côté ; 150 personnes peuvent s'y mettre à table. La seconde salle, immédiatement au-dessus de la première, reçoit les autres passagers, lorsque le navire est bondé. En toutes circonstances, le dîner peut donc être servi à la même heure à tous les voyageurs. Le pont, entre les deux salles, est percé d'une large ouverture octogonale de 7 mètres sur 6, entouré d'une balustrade ornementale, et surmonté, au pont supérieur, d'un dôme de même dimension. Pour éviter l'aspect morne qu'offrent souvent les grands salons des navires, malgré tout le luxe déployé, par suite du peu de hauteur des entre-ponts, qui est généralement de 2,40 m et dépasse rarement 2,70 m, on a donné à cette salle une hauteur de 3,30 m à l'étage inférieur, et 2,80 m à la salle moins vaste de l'étage supérieur. L'ensemble des deux étages, avec le vaste dôme qui les surmonte, est des plus imposants. La boiserie est en chêne sculpté, style François I ; chaque panneau est orné d'un motif différent, exécuté par les meilleurs sculpteurs. Aussi la boiserie des deux salles et du dôme a-t-elle coûté 800 000 francs.

Le salon ou salle de réunion (planche XVIII) a 24 mètres sur 16,50, et une hauteur de 3,50 m, sans compter la vaste coupole centrale de forme ovale. La boiserie est ici en acajou moucheté, style Louis XVI, avec colonnes en marbre précieux et tapisseries de l'époque.

La salle de lecture, plus petite que le salon, est traitée dans le même style, mais les boiseries, de couleur plus claire, sont en bois de sycomore.

Enfin le fumoir (planche XIX), situé sur le second pont-promenade, à l'arrière des aménagements de première classe, a une longueur de 15 mètres sur 16 de large ;

la hauteur de 3,50 m en abord, atteint 6,50 m au centre, grâce à la forme en arcade du plafond. La boiserie, en noyer, style italien du xve siècle, a coûté 300 000 francs.

A l'arrière du fumoir, sur le second pont-promenade on a aménagé une terrasse abritée contre le vent, ornée de plantes et de fleurs naturelles ; sa surface est de plus de 75 mètres carrés. Parmi les cabines des passagers, quelques-unes sont aménagées avec un luxe qui ne le cède guère à celui des salons publics. Tels sont les appartements réservés auxquels leur richesse a valu le nom de *regal rooms*, ou appartements royaux. Ils comprennent un salon, une salle à manger, une ou deux chambres à coucher, une salle de bain, un office pour le garçon de service et, au besoin, une chambre de sujets. Les voyageurs de goûts plus modestes ont à leur disposition des appartements moins luxueux qui comprennent un salon, une chambre à coucher et une salle de bain. Enfin, au plus grand nombre, on offre de spacieuses cabines à un, à deux et quelques-unes à trois lits. Celles à deux lits ont 3 mètres sur 3 et ressemblent plus à de petites chambres d'hôtel qu'à des cabines de navire. Dans les appartements de luxe et dans un certain nombre d'autres, on a substitué des lits d'hôtel en cuivre aux couchettes qu'on trouve partout à bord. On le voit, rien n'a été négligé pour assurer le confort des passagers.

Nous avons parlé déjà du chauffage et de la ventilation. L'éclairage est également excellent. Le nombre et les dimensions des hublots, amenant la lumière du jour dans les parties principales de la coque, ont été accrus dans la mesure du possible, tandis que, dans les superstructures, de larges fenêtres de forme rectangulaire, dont quelques-unes ont 1,20 m de hauteur, font oublier qu'on se trouve à bord d'un navire.

Un réseau téléphonique complet, avec bureau central, réunit les cabines de première classe entre elles

Planche XVII. Salle à manger de première classe.

Planche XVIII. Salon de première classe.

Planche XIX. Fumoir de première classe.

Planche XX. Salle à manger de troisième classe.

et aux chambres des garçons de service. A l'arrivée à Liverpool ou à New-York, le réseau téléphonique de ces villes est réuni au bureau central du réseau téléphonique du navire.

Les aménagements de seconde classe se trouvent à l'arrière du navire. Moins spacieux que ceux de première, ils n'en offrent pas moins aux passagers des avantages de luxe et de confort qu'ils chercheraient en vain en première sur maint transatlantique réputé.

Les vestibules et les cages d'escalier sont en bois de teck. La salle à manger a 18 mètres sur 22 ; 250 personnes peuvent y prendre place. Les boiseries sont en chêne sculpté, et l'ensemble présente un aspect grandiose grâce à la hauteur du plafond, 3 mètres, et au vaste dôme de 6 mètres de diamètre, qui en occupe le centre.

Les passagers de seconde, comme ceux de première, ont à leur disposition un magnifique salon : boiserie en érable avec sculptures dorées, style Louis XVI ; un fumoir de 16 mètres sur 12, richement aménagé, de vastes vestibules et, pour promenoirs, de grands espaces abrités sur les ponts.

Les passagers de troisième classe, au nombre de 1300, occupent plusieurs étages à l'avant du navire. Ils ne sont nullement entassés, pêle-mêle, dans les entreponts, comme cela se voit sur de nombreux navires d'émigrants, mais répartis dans des cabines à deux et à quatre lits ; quelques-unes seulement en ont six. Ces lits sont en fer et démontables, ce qui permet d'entretenir une propreté parfaite. De nombreuses chambres de bains et des lavoirs sont à leur disposition. Il y a une salle à manger (planche XX), où 330 personnes trouvent place en même temps. Un fumoir de 110 m² et un salon de 90 m² pour dames sont à la disposition de ces passagers.

Résultats aux essais et en service. — Les essais du

Mauretania eurent lieu au mois de novembre 1907. Le navire, chargé de manière à se trouver dans les conditions moyennes de service, parcourut, en pleine mer et par un temps peu favorable, une distance de 1200 nœuds à l'allure moyenne de 26,04 nœuds, ou 48 km environ à l'heure. Le *Lusitania,* achevé quelques mois plus tôt, atteignit, dans les mêmes conditions, une vitesse de 25,40 nœuds. Dans d'autres essais de moindre durée et à un plus faible tirant d'eau, tandis que le *Lusitania* parvenait à filer 26,45 nœuds, le *Mauretania,* moins heureux, ne dépassa pas 26,17 nœuds.

La planche placée en tête de cet article le représente marchant à cette dernière allure sur les eaux calmes de la Clyde. On aperçoit les vagues soulevées par son passage : leur hauteur modérée témoigne que les formes du navire sont bien adaptées à cette vitesse.

Pendant l'année qui suivit leur mise en service courant, les deux navires sont parvenus à faire des traversées à une allure de 25 nœuds, dépassant ainsi de 1 1/2 nœud les meilleurs résultats des transatlantiques allemands. La moyenne des vitesses de toute l'année n'a cependant pas dépassé 23 1/2 nœuds, soit 3/4 de nœud seulement de plus que n'en peut faire le dernier transatlantique allemand, le *Kronprinzessin Cecilie.* Il faut probablement en chercher la cause dans le manque d'entraînement du personnel, les exigences du service, des considérations d'ordre économique et, pour le *Mauretania,* dans les suites d'un accident qui se produisit au début de la bonne saison : une de ses hélices se brisa au contact d'un corps flottant ; les supports de l'hélice s'étant brisés du même coup, il fut impossible de procéder aux réparations nécessaires en temps voulu, et le navire dut continuer son service avec trois hélices. Bien que, dans ces conditions, le rendement dût baisser, le blessé n'en maintient pas moins son allure moyenne à 23 1/2 nœuds. Depuis que les répa-

rations ont pu être exécutées, vers la fin de 1908, les résultats ont dépassé de loin les espérances. En plein hiver, le *Mauretania* a marché à la vitesse moyenne de plus de 25 nœuds, et, au milieu de mars 1909, il a traversé l'Atlantique à l'allure de 25,65 nœuds. Il détient donc, pour le moment, le record de la vitesse comme celui des dimensions. Combien de temps durera son règne ?

En ce qui concerne les dimensions, sa déchéance prochaine est certaine : la *White Star Line* fait construire en ce moment un navire du type intermédiaire qui dépassera de plus d'un tiers le tonnage du *Mauretania*. D'autre part, les sociétés allemandes se disposaient à suivre cet exemple, quand la crise financière aux États-Unis leur a fait remettre l'exécution de ce projet à des temps meilleurs. Quant à la palme de la vitesse, elle ne lui sera vraisemblablement disputée, d'ici à quelques années, que par le *Lusitania* qu'il a jusqu'à présent battu d'un demi-nœud. Mais rien n'autorise à penser que nous ayons atteint, en ce genre, l'extrême limite : la vogue, les rivalités et les subsides des gouvernements sont bien capables de provoquer des entreprises que quelques progrès scientifiques pourraient rendre heureuses. Que l'on parvienne à réduire le poids des machines et des chaudières, à économiser le combustible, et l'architecte naval construira le transatlantique filant 26 ou 27 nœuds : la durée de la traversée en sera raccourcie de quelques heures.

J. Meiwissen
Chargé de cours à l'Université de Gand,
Ancien ingénieur de la Société
Swan, Hunter et Wigham Richardson.

QUELQUES IDÉES SUR LA GUERRE

Je crois bien que l'éloge de la paix a été fait plus souvent que celui de la guerre, et, après maints philosophes, des économistes et des sociologues se sont essayés à tracer le tableau d'une humanité pacifique. Hier, M. Eugène D'Eichthal (1) le tentait encore en s'efforçant de « rester sur le terrain positif de la réalité, jetant les yeux du présent tangible vers l'avenir probable, évitant toute sentimentalité personnelle, l'entraînement de généreuses passions et le danger des sophismes ».

La pacification universelle serait due, non pas exclusivement aux facteurs qui ont établi la paix à l'intérieur des États en cristallisant les nations autour d'éléments centraux prépondérants, mais aussi au développement de sentiments qui existent déjà, et qui devraient seulement, pour lutter contre les influences belliqueuses, prendre un nouveau caractère d'intensité et de généralité. En d'autres termes, M. D'Eichthal croit à la toute-puissance future d'un tribunal international supérieur, et, pour préparer l'établissement de ce tribunal et assurer l'exécution de ses décisions souveraines, il compte sur la puissance de l'opinion publique « reine et maîtresse du monde ». En attendant, il admet la continuation d'un état de préparation à la guerre « bien lourd à la fois pour les cœurs et les bourses et gros d'embarras et de périls ».

Je crains bien, pour ma part, que l'on ne donne trop d'importance à certaines apparences, que l'on ne

(1) *Guerre et paix internationales*, par Eugène D'Eichthal, membre de l'Institut. — Encyclopédie scientifique publiée sous la direction du docteur Toulouse. Bibliothèque d'Économie politique. 1 vol. in-12, XIV, 338-XII pages. Paris, Octave Doin, 1909.

néglige quelques raisons profondes de la nécessité des armées et des vertus militaires, et, aussi que, en parlant de la puissance de l'opinion publique, l'on ne fasse une confusion de cause à effet.

Il est assez commun d'affirmer qu'une armée est nécessaire à tout peuple qui ne veut pas mourir, en déplorant en même temps, par humanitarisme, de ne point apercevoir les signes certains d'une paix indéfinie. Il est banal, depuis qu'une terminologie simplifiée de la science actuarielle est entrée dans le langage courant, d'assimiler les dépenses militaires à une prime d'assurance contre l'invasion et les maux de la guerre. Il est moins ordinaire, mais cependant conforme à la tendance de plus en plus générale de ne voir dans la société qu'une organisation matérielle et scientifique, de considérer l'armée comme une sorte d'administration civile de la défense nationale et de ne pas faire, au point de vue professionnel, de différence marquée entre l'officier et une foule de citoyens. C'est ainsi que, sans le vouloir, on amoindrit la valeur de l'armée, on lui enlève sa foi en elle-même, on méconnaît tout ce que la nation lui doit, ou peut lui devoir encore de qualités de dévoûment, d'abnégation, de discipline, de désintéressement et de virilité. Il faut croire à sa mission et la mettre à l'abri des influences qui l'obscurcissent en la dénaturant. Sur le champ de bataille, pour se donner du cœur, le stimulant ne sera pas de regretter l'imperfection d'un état social qui arme encore les hommes les uns contre les autres.

Il existe, à cet égard, toute une littérature débilitante — et je ne m'occupe pas ici de certaine prose qui par son cynisme et sa grossièreté révolte les honnêtes gens (1). Récemment M. François de Nion, rendant

(1) « Rengagez-vous dans un régiment de la frontière de l'Est, vous aurez vingt-cinq centimes de plus, et l'honneur d'être du premier convoi pour l'abattoir. » LA VOIX DU PEUPLE, organe officiel de la Confédération générale du Travail.

compte dans l'Écho de Paris (1) de l'adaptation française de la pièce allemande *Guerre* de M. Robert Reinert, représentée au Théâtre Antoine, remarquait que les adaptateurs n'y avaient cru voir que le tableau effrayant et tragique d'un coin de bataille, alors que M. Reinert s'était fait le Dante de la « Venette ». Et M. de Nion répudiait cette conception de ne mettre en relief que les côtés atroces de la guerre en détournant les yeux de ce qu'elle offre d'héroïsme et de patriotisme.

Je ne suis pas de ceux qui exaltent la guerre. Au point de vue humanitaire, pour employer ce vocable dans son expression altruiste, la guerre sera toujours la furieuse et impitoyable Bellone. On ne fait pas l'éloge des maux dont souffre l'humanité, malgré qu'ils puissent engendrer quelque bien. Si les lendemains des conflits internationaux sont parfois merveilleux pour le commerce et l'industrie, la guerre endette les peuples, et qu'ils soient vainqueurs ou vaincus, leur bilan économique porte longtemps la charge des dépenses que, directement ou indirectement, elle a occasionnées.

Après l'avoir emporté sur la Chine, le Japon a vu sa dette s'augmenter des trois quarts ; la Russie vaincue, cette dette a quadruplé et actuellement les dépenses militaires y entrent environ pour six dizièmes (2).

(1) Écho de Paris, 20 février 1909.

(2) Tableau succinct des dettes nationales japonaises au 31 mars 1908.

Origine des Dettes	Montant émis Yen*	Montant non remb. Yen*
1. Réorganisation des institutions publiques	226 196 500	3 334 913
2. Entreprises économiques	258 965 787	187 585 566
Chemins de fer	212 527 898	151 043 259
Ports, canaux, mines, etc.	46 437 889	36 542 307
3. Ajustement financier	722 651 986	694 397 305
4. Exploitations de nouveaux territoires	34 508 535	33 641 535
5. Services de la guerre	1 824 646 682	1 357 397 033
Développement des forces militaires	100 693 357	84 210 706
Guerre	1 723 953 325	1 273 186 324
Totaux	3 066 969 490	2 276 346 452

(*) 1 yen = fr. 2,583.

Osons dire cependant que la paix absolue n'est pas un suprême bienfait. L'éventualité de certains périls, l'effort accompli pour s'y soustraire ou les surmonter sont des facteurs essentiels de l'énergie nationale, de puissants éléments de grandeur et de prospérité. C'est en s'attaquant courageusement aux difficultés de l'heure présente, en ne se dissimulant pas la pleine mesure des dangers du futur que le talent et le génie se révèlent et que de fortes choses s'accomplissent. Il ne faut pas trop s'abandonner à la douceur de vivre, ne voyant dans la Patrie qu'une mère souriante et nourricière, car elle a deux figures, celle aussi d'une déesse armée de pied en cape et qu'on ne peut impunément frapper.

Quand on constate avec satisfaction l'adoucissement des mœurs guerrières et le progrès du droit des gens, on ne manque pas de marquer les étapes nombreuses accomplies dans le champ des ententes internationales (1). Les manifestations de l'esprit pacifique conduisent à une appréciation inexacte des circonstances contemporaines sur lesquelles on se base pour esquisser la Société future et il semble que l'on prête à cet esprit une influence qui le dépasse ; le nombre et la fréquence des congrès, des accords, des conventions, des arrangements, des unions font dans une certaine mesure illusion et incitent à une comparaison incomplète avec la situation du passé, et vraiment trop à l'avantage de notre époque.

(1) Liste des principales unions internationales et des principaux bureaux internationaux représentants des Unions universelles :

Administration télégraphique — Union postale universelle — Bureau international des poids et mesures — Union pour la protection de la propriété industrielle — Union pour la protection des œuvres littéraires et artistiques — Bureau central de l'Association géodésique internationale — Bureau pour la répression de la traite des esclaves africains — Bureau pour la publication des tarifs douaniers — Office central des transports internationaux des marchandises par chemin de fer — Office international du travail pour la protection des travailleurs — Institut permanent d'agriculture à Rome — Unions monétaires — Convention de Genève, dite de la Croix Rouge — Unions concernant la navigation maritime et fluviale.

La vapeur a raccourci les distances et multiplié les contacts, et la science, même dans des domaines où jadis elle ne pénétrait pas, a fourni de nouveaux objets aux rapports entre les hommes. Ce n'est pas le lieu de décrire la course accomplie au XIXe siècle par le progrès scientifique et qu'il continue de poursuivre ; toutefois en songeant aux transformations du monde contemporain, je m'arrête un instant au développement inouï des voies de communication et des moyens de transport. M. Georges Blondel en parlait au mois de novembre dernier en quelques traits saisissants (1). Sur mer la révolution a été peut-être plus extraordinaire que sur terre. Jamais l'art de la navigation ne s'est tant perfectionné que de nos jours ; depuis cinquante ans les moyens de communication que la mer offre aux peuples civilisés pour leurs relations réciproques ont au moins quintuplé ; franchir l'Atlantique s'effectue sans plus de peine aujourd'hui que de passer la Manche il y a soixante ans.

L'homme se déplace sur la planète beaucoup plus vite, beaucoup plus souvent qu'autrefois et avec lui circulent plus nombreux et avec plus d'intensité les produits de son travail. Dans ces conditions nouvelles il n'est pas défendu de voir des adjuvants de l'esprit pacifique, mais, par ailleurs, il convient d'admettre que cet esprit n'a pas seul multiplié ces assises internationales dont on se plaît à grossir l'importance au point de vue du règne définitif de la paix universelle.

Laissons l'esprit pacifique. Aussi bien, plusieurs pensent qu'il est d'autres causes de la cessation des guerres : l'enrichissement du monde dû au libre-échange et aux productions merveilleuses de la science, et encore le caractère de plus en plus effroyable que

(1) *La Vie maritime contemporaine et les perspectives d'avenir de la France.* Extrait du BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE ROUEN, année 1908.

revêtiront les moyens de destruction que cette même science mettra à la disposition de l'humanité.

Je ne m'attarderai pas longtemps à l'enrichissement du monde : la richesse est chose relative et elle n'engendre pas nécessairement le bonheur. A quoi sert-il d'être plus riche si les besoins se multiplient, si la somme de ceux que l'on ne peut satisfaire augmente sans cesse, si l'on n'éprouve pas cette quiétude morale qui rend la vie résignée, la borne à de légitimes ambitions sans en amoindrir la virilité ? La richesse d'un peuple plus peut-être que sa pauvreté accentue les différences sociales et rend plus amère pour la masse une existence pourtant améliorée. Voyons ce qui se passe dans nos grandes villes et au fond de nos provinces et comparons : nous aurons d'une façon approchée la double image de la situation générale d'aujourd'hui et de celle du passé. D'ailleurs, la théorie de l'enrichissement du monde a un caractère trop absolu qui se rattache à cette indéfinie perfectibilité de notre espèce que notre orgueil tend à opposer à nos conditions originelles. C'est dans le royaume d'Utopie qu'il faut chercher la richesse intégrale et une organisation économique établissant un équilibre parfait entre tous. Je considérerai de plus près l'argument tiré de l'industrialisation de l'art militaire.

Les techniciens ont concentré dans les armes modernes une formidable puissance : le canon est l'un des plus parfaits transformateurs d'énergie qui existent (1). La science par ses inventions « infernales » a changé la tactique : un vaste espace sépare les combattants, la mort le parcourt, allant de l'un à l'autre camp, et l'on tombe dans l'effroi sans une illusion de gloire ou de sacrifice. Est-ce à dire que pour cela les vertus mili-

(1) Voir : *Moteurs à gaz et armes à feu*, par A. Witz. REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier 1907.

taires soient mortes et que la guerre doive cesser parce que la furie du corps à corps n'est plus possible et, avec elle, cette horrible jouissance de donner ou de recevoir la mort les yeux dans les yeux de l'ennemi ? De cet état de choses une déduction positive est permise : la guerre exige plus de force morale que jadis, surtout qu'elle est devenue l'épreuve d'un court apprentissage des armes (1).

Tout perfectionnement dans l'armement diminue l'importance du nombre et force à l'adoption d'une tactique où l'initiative individuelle est appelée à se donner carrière. L'éducation morale de la troupe a de nos jours une action plus décisive que son instruction technique — je ne parle pas des cadres dont la valeur morale doit être doublée d'une connaissance parfaite du métier. Qu'on n'oublie pas que la victoire est la conséquence non pas de la destruction de la puissance matérielle de l'ennemi, mais de celle de son moral. Du temps de l'ancienne tactique linéaire les adversaires s'abordaient rarement : sous la menace du choc, l'un des deux faisait demi-tour et s'enfuyait. C'est ici qu'apparaît la nécessité d'une armée nationale : dans l'armée doit vibrer l'âme de la Patrie et des troupes de mercenaires ne sauraient, au même degré que celles où toutes les classes de la société sont confondues, se hausser au niveau des difficiles devoirs qui incombent au soldat moderne.

Certes on ne peut nier que la pratique de l'art de la guerre ne soit plus compliquée, plus malaisée qu'autrefois mais moins à cause du perfectionnement de l'armement et du matériel que par suite du colossal accroissement des effectifs. Cet accroissement empêche la stratégie de réaliser les opérations foudroyantes qui ont illustré

(1) Voir : *Le concept moderne de l'armée — l'officier*, par le cap^t-command^t Beaujean. REVUE GÉNÉRALE, décembre 1903.

les grands capitaines et la tactique, de mouvoir avec aisance sur le champ de bataille les masses énormes des combattants pour renverser l'ennemi d'un élan impétueux. On a méconnu que le nombre ne compte qu'à condition d'être complètement utilisable dans le temps et dans l'espace : il faudra bien que l'on revienne à une plus saine conception des principes de l'art militaire. Au point de vue du nombre, l'organisation des armées sera modifiée en ce qu'elle a de trop absolu : j'imagine que, sans diminuer la quantité de ceux qui seront appelés à porter les armes pour la défense de la Patrie, on augmentera de plus en plus la proportion des troupes territoriales et qu'on diminuera celle des troupes d'opération composées des hommes les plus jeunes et les plus vigoureux. Ainsi, d'ailleurs, l'on se conformera au principe même qui, au sens politique, doit régir les institutions militaires. De nos jours, l'armée vit de la paix et pour la paix. Au fur et à mesure du développement du commerce et de l'industrie et de l'accroissement de la fortune publique, a grandi l'inquiétude de ne pas être assez fort contre les dangers extérieurs et c'est la crainte de la guerre qui a conduit les pays d'Europe à accumuler, pour leur défense, soldats, canons et forteresses. L'armée est, avant tout, un instrument de protection et non un instrument d'attaque.

Mais, à supposer que les conditions actuelles de la technique et du recrutement impliquent une certaine décadence de l'art de la guerre, il conviendrait de ne pas généraliser, et il y a une différence à faire entre la guerre continentale et la guerre maritime.

Dans les temps modernes, presque jusqu'à la fin du XIXe siècle, ce n'est pas sur mer que le sort des nations se décida. A partir de la guerre du Japon contre la Chine, en 1895, les opérations navales acquièrent tout à coup une importance prépondérante. En 1899,

c'est sur mer que l'Espagne reçoit le coup mortel des États-Unis d'Amérique ; sur mer aussi le Japon frappe deux fois la Russie, au commencement et à la fin de la grande guerre qui les mit aux prises en Extrême-Orient.

Des raisons économiques, politiques et scientifiques s'accordent pour expliquer la renaissance de la guerre maritime.

La mer porte la fortune du monde. Les trois quarts du commerce extérieur lui sont confiés tous les ans ; la valeur en est énorme, au moins 70 milliards de francs, peut-être 90 milliards. Les flots de l'Océan qui ont fécondé toutes les grandes civilisations, appellent nos volontés et nos énergies. Les peuples ne peuvent s'enfermer dans leurs frontières naturelles, il faut qu'ils essaiment dans des contrées lointaines et que la mer leur serve de moyen d'expansion et de prospérité.

La poursuite de la richesse engendre des rivalités économiques qui se doublent bientôt des rivalités politiques. Sur la grande route de l'Océan chacun cherche à se garder contre les coups de force qui mettraient entrave à son commerce, ruineraient ses ports, affameraient sa population. On ne souffre plus qu'une puissance seule soit la dominatrice de la mer et l'on s'arme pour se défendre sur les flots. L'Angleterre est obligée de renoncer à son absolutisme maritime : loin de la métropole, elle diminue la densité de ses escadres, l'augmente dans les eaux européennes et, dans ces eaux, déplace la masse principale de la Méditerranée dans la Manche et dans la mer du Nord. Ainsi, prête à l'attaque comme à la défense, elle concentre sa puissance navale.

Depuis Santiago, les États-Unis d'Amérique ne réservent plus uniquement leur flotte au rôle de forteresse mobile : l'Armada américaine a accompli récemment une course extraordinaire qui montre bien qu'on entend

éventuellement, s'en servir comme d'une arme offensive.

L'Allemagne avec une ténacité qui a provoqué l'étonnement universel, s'est construit une marine de guerre qui sera demain formidable.

Le Japon entend ne pas perdre la supériorité maritime que lui a donnée la bataille de Tsoushima.

La France, la Russie, l'Italie ont consacré et consacrent encore à l'amélioration, à la réfection, à l'augmentation de leurs flottes des sommes considérables.

Coïncidence remarquable ! la technique, la stratégie et la tactique navales ont pu progresser en même temps que grandissait le rôle de la guerre maritime. L'industrialisation a donné à la marine plus de puissance et plus d'aptitude à remplir sa mission. La vapeur, victorieuse de la distance et des intempéries, a permis l'accroissement des flottes, l'augmentation des équipages, en favorisant la rapidité et la précision des opérations. Les cuirassements, les bouches à feu de gros calibre, les canons à tir rapide, les torpilles ont fait des flottes de guerre de terribles instruments de destruction. La télégraphie sans fil met en relations instantanées tous les éléments des forces navales et facilite les combinaisons stratégiques. Cuirassés, croiseurs, torpilleurs de haute mer, destroyers, forment un tout harmonique qui permet à la guerre maritime de se développer au large des Océans, tandis que près des côtes, pour la protection des ports et des rades, la science lui fournit tous les éléments matériels, actifs et passifs, d'une vigoureuse résistance.

Que les moyens mis à la disposition de l'art militaire se multiplient et se perfectionnent encore, que des flottes aériennes sillonnent les nues et en fassent tomber la dévastation et la mort, je ne pense pas que la guerre finira par suite de la puissance, du nombre et

de la complexité des armes et des engins. La science ne sera pas en cela la grande régénératrice; elle ne réussira pas à vaincre la guerre, pas plus qu'elle ne réussira à vaincre complètement la nature.

Au fond, il s'agit d'une question morale. L'humanité ne cessera pas de vivre sous l'empire de quelques idées générales, d'être soumise à quelques nécessités essentielles, idées et nécessités toujours les mêmes et qui ne semblent se modifier, s'abolir, renaître à travers les âges, qu'en raison du cadre changeant que leur font les différentes civilisations. Dernière les mots et les formules, l'on trouve toujours l'homme s'acharnant ici bas après le mirage du bonheur et se heurtant constamment au dur horizon de la réalité. Il faut gagner son pain à la sueur de son front, il faut souffrir, il faut lutter. La lutte est en nous, elle est en dehors de nous, elle est dans tout l'Univers, et qui donc a dit que les astres dans les cieux se livraient un incessant combat? Il n'y a point de luttes pacifiques — quelle singulière antithèse! Ne plus lutter c'est l'immobilité, la corruption ou la mort.

Ayons horreur de la guerre; humanisons-la, cherchons à l'éviter, mais ne l'avilissons pas trop! Qu'elle ne nous surprenne pas dans une quiétude amollissante! Sachons envisager les épreuves qu'elle comporte, les sacrifices que son éventualité nous impose comme une part de nos inévitables misères, comme la rançon de nos jours de prospérité, comme une dette et un devoir envers la Patrie.

C. Beaujean.

VARIÉTÉS

I

A PROPOS D'UNE HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES (1)

(Suite)

Lorsque Charlemagne, en la fête de Noël de l'an 800, échangea la couronne royale contre le diadème impérial, il avait, depuis un quart de siècle, donné l'impulsion à ce relèvement intellectuel des nations franques que l'Histoire a appelé la Renaissance carolingienne. Cet heureux mouvement avait été préparé, du reste, par les sages efforts de Pepin le Bref (741-768) : il ne serait pas juste que l'éclat du règne de Pepin, le premier roi des Francs, s'effaçât devant la splendeur du règne de son fils.

Les Mathématiques obtinrent leur part dans les faveurs de ces deux princes. Complètement inconnues en nos pays sous les Mérovingiens, nous les verrons y faire leur apparition sous le fils et le petit-fils de Charles Martel, et désormais, sur le sol belge du moins, elles ne cesseront d'être cultivées, à travers la période qui sépare l'ère de Charlemagne de l'ère des Croisades.

Préoccupé de l'ordre et du progrès, Pepin aimait à prendre

(1) *Histoire des Mathématiques*, par W.-W. Rouse Ball. Édition française, par L. Freund. — Tome I, Paris, A. Hermann, 1906. — Tome II, avec des Additions de R. de Montessus. Paris, A. Hermann, 1907.

Voir Revue des Quest. scient., 3e série, t. XII, oct. 1907, pp. 594-607 ; t. XIII, janv. 1908, pp. 252-267, et avril, pp. 558-578 ; t. XIII, juillet 1908, pp. 228-235, et oct., pp. 564-580.

pour conseiller l'évêque saint Boniface, ce moine anglo-saxon — Winfrid, de son nom barbare — devenu, de docte *scholar* de l'abbaye de Nursling, l'apôtre de la Germanie et le réformateur du clergé de la Gaule. Le prince inaugura les grandes œuvres qu'acheva Charlemagne : il réforma dans son royaume le système métrique et le système monétaire ; il favorisa les obscurs recommencements des études profanes dans les cloîtres monastiques et dans les chapitres collégiaux ; il chercha à s'entourer d'hommes instruits.

Parmi les hommes qu'il sut distinguer pour leur science, citons le moine irlandais Virgile le Géomètre. Abbé du monastère d'Aghaboé, Virgile, ou Feirgil, avait quitté en 743 le cloître irlandais et était venu sur le continent, accompagné de son ami Dubda le Grec. Pepin, « charmé de sa science comme de sa vertu », le retint deux années à sa cour, et se réjouit de le faire élever dans la suite au siège épiscopal de Salzbourg (1). Ce Virgile est précisément le moine célèbre dans l'histoire des sciences par son affirmation de l'existence, aux antipodes, de terres habitées. Mélangeant en sa personne, sans les fusionner assez, le type ardent du moine celtique, autrefois résumé en saint Colomba d'Iona, ou Columb Keillé, et en saint Colomban, et le type plus souple et plus modéré du moine anglo-romain, personnifié alors dans l'archevêque saint Boniface (680-755), le moine irlandais Virgile eut plus d'un démêlé avec le vieil archevêque. En 748, celui-ci le dénonça au pape Zacharie. Il s'agissait — du moins ainsi le comprit le pape — « de perversâ et iniquâ doctrinâ, quod alius mundus et alii homines sub terrâ sint seu sol et luna » (2). Boniface et Zacharie s'étaient inquiétés, croyant qu'on affirmait l'existence sur notre globe, sous un autre ciel, de races humaines non adamiques. Il est à croire que Virgile justifia aisément et complètement son opinion sur l'existence de peuples qui à la fois soient nos antipodes et comme nous descendent d'Adam ; car nous le voyons sacré en 767 évêque de Juvavia, ou Salzbourg. Il illustra ce siège par sa science et par ses vertus,

(1) Monum. Germ. Hist., *Script.*, t. XI, p. 86.

(2) Mabillon, *Acta SS. O. S. B.*, sæc. III, 2 (Paris, 1672), p. 72. — Cf. Ph. Gilbert, *Le pape Zacharie et les Antipodes*, dans la Revue des Quest. scientif., Ire série, t. XII, oct. 1882, pp. 478-503. Touchant les opinions des Pères, voy. S. Augustin, *De Civit. Dei*, XVI, 9 ; S. Isidore, *Etym.*, III, 32, 43, 59 ; Bède, *De Naturâ rer.*, 3 et 36, et *De Temporum ratione*, 32 et 34. S. Augustin rejetait l'existence de peuples antipodes, parce que l'immensité des océans était, à ses yeux, un insurmontable obstacle aux transmigrations des descendants d'Adam.

jusqu'à sa mort en 784, et Grégoire IX n'hésita pas à canoniser cet apôtre et ce thaumaturge de la Karinthie. — Le dogme de la sphéricité de la terre, proclamé par Parménide d'Élée, mais qui semble remonter à Pythagore — ses connaissances mathématiques lui permettaient de l'établir — avait été acquis à la science à partir de Platon : il avait été admis par beaucoup de docteurs de l'Église, tels que saint Ambroise, saint Augustin, saint Isidore. Bède venait récemment de professer cette doctrine antique de la sphéricité, quand Virgile la compléta par l'affirmation de l'existence de terres antipodes habitées. Le moine irlandais se faisait, pensons-nous, l'écho de la commune croyance des navigateurs bretons : du VIe au Xe siècle, les Irlandais furent les plus intrépides navigateurs de la chrétienté (1) ; dès la fin du VIe siècle, de nombreux moines gaéliques, disciples de Colomba d'Iona, évangélisaient les Orcades, et à la fin du VIIIe siècle les Féroés : ils s'établissent en Islande en 793, en attendant l'heure de descendre vers le Nouveau-Monde.

Voici un trait caractéristique du règne de Pepin. Le pape Paul I, soucieux de complaire au roi des Francs, lui fit un jour, avec toute la munificence qu'il put, un riche envoi de livres, et parmi ces livres, « qui contenaient en germe la renaissance littéraire destinée à s'épanouir peu à peu sous le règne de Charlemagne » (2), le pontife prit la peine de signaler lui-même au prince un Aristote, des Grammaires et une Géométrie, tous livres, dit-il, écrits en grec — *omnes Graeco eloquio scriptas* — et, ajoute-t-il, un *horologium nocturnum* (3). Quelle pouvait être cette *Geometrica ?* Des fragments de l'œuvre d'Euclide ? Des écrits des *Gromatici ?* Nous ne pourrions hasarder que des conjectures.

La lettre de Paul I à Pepin ne prouve pas que le roi connût lui-même le grec — d'ailleurs, ces livres étaient-ils les écrits grecs eux-mêmes, ou de simples traductions latines des *écrits*

(1) Voy. les art. de E. Beauvois, dans le Muséon, Louvain, 1887 et 1888.

(2) G. Kurth, *Les Origines de la civilisation moderne*. ch. XII.

(3) Lettre de Paul I à Pepin (écrite entre 758 et 763), dans le *Codex carolinus*, ou recueil de lettres des papes et des empereurs d'Orient à Charles Martel, à Pepin et à Charlemagne, dressé en 791 par ordre de Charlemagne : « Direximus itaque præcellentiæ vestræ et libros, quantos reperire potuimus : id est antiphonale et responsale, insimul artem gramaticam, Aristo[te]lis, Dionisii Ariopagitis [nommé, par confusion, au lieu de Denys de Thrace ou de Denys d'Halicarnasse ?], geometricam, orthografiam, grammaticam, omnes Greco eloquio scriptas, necnon et horo[lo]gium nocturnum (Jaffé, *Epist. 24*). »

grecs ? — ni que son éducation dans le monastère de Saint-Denys ait été le moins du monde littéraire et scientifique ; mais elle atteste l'intérêt que le roi, au su même du pontife romain, portait aux lettres et aux sciences. Cet intérêt a pu être le fruit de ses relations suivies avec les Irlandais et les Anglo-Saxons (1).

Quant à l' « horloge de nuit », le sens habituel de ces mots, chez les écrivains tant du Moyen Age que de l'Antiquité (2), désigne les cadrans astronomiques, dont les Grecs se servaient pour déterminer l'heure d'après l'observation des astres. L'instrument envoyé par Paul I était-il l'astrolabe planisphère si compliqué d'Hipparque et de Ptolémée ? N'était-ce pas plutôt le cadran sphérique plus simple, qu'Eudoxe avait emprunté aux Chaldéens? Celui-ci consistait, semble-t-il, dans l'antique cadran solaire hémisphérique creux (le *polos* ou *heliotropium*), où l'on emboîtait, pour le transformer en cadran de nuit, une sphère céleste armillaire ou un réseau *(arachnê)* sphérique constellé : pour déterminer l'heure à un moment donné de la nuit, on dirigeait vers l'étoile du Nord l'axe de rotation de la sphère ou du réseau, et on amenait contre le cercle d'horizon l'image de la constellation qui en ce moment, dans le ciel, se levait en réalité à l'horizon : l'instrument donnait ensuite, grâce à des tables toutes calculées, l'heure correspondante. Mais ces appareils étaient bien savants, et pour les utiliser il fallait un « mathématicien », un « astrologue ». Peut-être l'*horologium* de Paul I n'était-il qu'une horloge à clepsydre, analogue, mais avec moins de complications, à la merveilleuse horloge mécanique que le khalife Haroun-al-Raschid envoya cinquante ans plus tard à Charlemagne et qui jeta la cour franque dans le ravissement.

En 768 apparaît Charlemagne. — M. R. Ball définit en ces termes sa restauration scientifique : « Charlemagne, en créant son empire, s'était proposé de développer l'enseignement autant qu'il était en son pouvoir. Il commença par décréter la création d'écoles à côté de chaque cathédrale ou de chaque monastère

(1) Cf. M. Roger, *L'enseignement des lettres classiques d'Ausone à Alcuin*. Paris, 1905, pp. 427 à 431 et mieux p. 432. — Observons que, dès le milieu du VIIIe siècle, on voit s'améliorer l'orthographe et la grammaire, jusque-là très barbares, des diplômes et des chartes (M. Bonnet, *Le latin de Grégoire de Tours*, Paris, 1890, p. 83).

(2) Au sujet des *horologia*, cf. P. Tannery, *Recherches sur l'hist. de l'Astr. ancienne*, Paris, 1893, ch. II. — Sur l'horloge à clepsydre, avec sonnerie et personnages mouvants, envoyée par Haroun à Charlemagne, voy. les *Annales [dites] d'Eginhard*, année 807 ; les horloges à clepsydre étaient déjà connues au temps de Vitruve (*De Archit.*, IX, 9).

de son royaume, mesure qui fut approuvée et matériellement facilitée par les papes. Il est intéressant pour nous de constater que cette décision fut prise à l'instigation et sous la direction de deux Anglais, Alcuin et Clément, qui s'étaient attachés à la cour de Charlemagne. » — Ces quelques lignes sur le fils de Pepin le Bref — M. R. Ball n'a pas même indiqué le règne de Pepin — puis deux biographies peu sûres d'Alcuin et de Gerbert, et une appréciation générale sur le nouveau déclin des sciences après Charlemagne, occupent l'espace accordé par le livre de M. R. Ball aux temps qui s'écoulèrent du milieu du VIIIe siècle à la fin du XIe.

Les lignes de M. R. Ball, qui viennent d'être citées, méritent des réserves. Elles pourraient laisser croire que l'Église et les papes furent, non point les inspirateurs, mais les simples serviteurs de Charlemagne dans l'œuvre de la restauration des études, et que l'initiative et même l'exclusive direction de cette œuvre vinrent de deux Anglais, qui s'étaient par bonheur attachés à sa cour. Or, il en fut tout autrement. Charlemagne, et déjà Pepin, ne firent que mettre au service de l'Église leur génie et leur pouvoir, et, assez éclairés pour comprendre les besoins sociaux de leur temps et de leur pays, ils furent assez sages pour s'inspirer des vrais principes civilisateurs, dont l'Église a le dépôt. Dans les réformes de l'ordre soit intellectuel soit moral, les capitulaires de ces deux princes ne firent souvent qu'ériger en lois civiles les conclusions des délibérations conciliaires.

Dès le début de son règne, plus de dix ans avant de rencontrer Alcuin, Charlemagne avait entrepris l'œuvre civilisatrice qui fit de ce prince l'éducateur de ses peuples et de son siècle. Le plan conçu par son génie était simple : relever le niveau intellectuel et moral des officiers de sa cour et du clergé de son royaume, et laisser ensuite agir, avec l'aide du temps, sur les masses barbares soumises à sa couronne ces hommes d'État et ces hommes d'Église, les uns et les autres intermédiaires habituels entre le prince et la nation. On sait comment il réalisa ce plan. Sa cour ne tarda point à n'être composée que d'hommes instruits, ou du moins sachant apprécier les choses de l'esprit. Bientôt le nom même de *Schola palatina* désigna, non plus comme sous les Mérovingiens l'ensemble quelconque de l'entourage du prince (1), mais deux excellentes institutions de Charlemagne : une Académie royale et une véritable École du Palais.

(1) Voy. notre article précédent, oct. 1908, p. 575, *note*.

L'Académie était un cénacle où le grand roi faisait discuter en sa présence par une élite d'esprits cultivés, choisis par lui dans toute l'Europe, des questions de belles-lettres et de sciences, de philosophie et de religion. Quant à l'École du Palais, on y enseignait les sept arts libéraux, le droit et les sciences sacrées ; elle était ouverte aux jeunes gens de toute province recommandés par le talent ou par la naissance : c'était une heureuse préparation aux charges civiles et ecclésiastiques.

Dans cette restauration des études, si modeste fût-elle à une heure où la Gaule franque se dégageait à peine du chaos de la barbarie, les Mathématiques ne furent point négligées. Parmi les maîtres que Charlemagne demanda à l'Italie, où se produisait depuis un siècle un réveil des études, et qu'il reçut des mains des papes, on voit figurer des Grammairiens et des Mathématiciens, — ou plutôt des Arithméticiens, *artis computatoriæ magistros ;* car le titre de Mathématicien eût été, en ces temps-là, fort équivoque : c'était, dans le langage du peuple, le synonyme d'astrologue, de magicien, de jeteur de sort (1).

En 781, au cours d'un de ses voyages en Italie, Charlemagne rencontra Alcuin à Parme. Le maître déjà illustre de l'École épiscopale d'York revenait de Rome, où il avait accompli une mission de son archevêque. Charlemagne, « avec ce regard d'aigle, qui savait juger du génie des hommes comme des chances d'une bataille, comprit que l'instrument principal de ses desseins était trouvé (2). » L'année suivante, Alcuin cédant aux instances du prince, obtint un congé de son archevêque et du roi de Mercie, et vint diriger la *Schola Palatina* du roi des Francs (3). Il y apportait les méthodes traditionnelles des écoles

(1) Et domnus rex Carolus iterum à Româ artis grammaticæ et computatoriæ magistros secum adduxit in Franciam, et ubique studium litterarum expandere jussit. *Annales regii*, ad a. 786 (Mon. Germ. Hist., Script., t. I, p. 171). — Quant à la signification du mot Mathématicien aux oreilles du peuple, rappelons ce canon d'un code pénitentiel ecclésiastique de cette époque : « Si quis mathematicus fuerit, id est invocator dæmonum, VII annos pœniteat » (Martène, *Ampl. Coll.*, t. VII, 1733, p. 33, d'après un mns. de l'abbaye d'Andaïnum en Ardennes, ou Saint-Hubert). Cette signification fâcheuse date des premiers temps de l'empire romain, au témoignage de Tacite, et les Pères de l'Église la signalent fréquemment.

(2) Ozanam, *La civilisation chrétienne chez les Francs.*

(3) Parmi les disciples d'Alcuin qui vinrent avec lui d'Angleterre et devinrent ses aides en France, il convient de citer Wizon, Fridugise et Sigulf.

M. R. Ball attribue l'organisation des études en France, sous Charlemagne, « à deux Anglais, Alcuin et Clément ». — Clément n'était pas Anglais, mais

anglo-saxonnes. Charlemagne, aussi avide d'instruction pour lui-même que pour ses peuples, se constitua son disciple : il se fit initier par lui non seulement à la Rhétorique et à la Dialectique, mais aux sciences quadriviales, en se passionnant pour l'Arithmétique et pour l'Astronomie (1). — Guizot, Ozanam et Kurth, pour ne citer qu'eux, ont à l'envi dépeint l'attrayante et méditative figure du diacre anglo-saxon, et raconté ses inlassables travaux. L'*Histoire littéraire de la France*, des Bénédictins, qui lui consacre une précieuse notice, l'appelle « le docteur de la nation française et le principal restaurateur des lettres après Charlemagne ». Il fut, dit Guizot (2), le « premier ministre intellectuel » de Charlemagne.

Alcuin rédigea sur chacun des arts libéraux de petits traités, peu profonds et peu originaux : ce sont généralement des dialogues ingénieux et suggestifs, où *Albinus* — c'est le nom bien latin qu'il a substitué à son nom barbare, *Alchuine* — se met en scène, avec ses élèves, un Franc, un Saxon et même *Karolus Rex* et *Pippinus*. Les traités sur le *trivium*, c'est-à-dire sur la Grammaire et l'Orthographe, sur la Rhétorique (accommodation du *De Inventione* de Cicéron) et sur la Dialectique, nous sont parvenus. Nous ne possédons plus rien des traités qu'il avait

Irlandais, et son influence sur le mouvement intellectuel reste problématique. Il est certain qu'à une certaine époque, qui se place entre 802 et 817, un grammairien Clément le Scot enseigna à l'École du Palais (MON. GERM. HIST., *Script.*, t. XIII, p. 972), puis mourut à Wurtzbourg. Le moine de Saint-Gall auteur des *Gesta Karoli*, féconds en détails légendaires, le fait arriver en Gaule dramatiquement au début du règne de Charlemagne, accompagné d'un autre Irlandais, qu'il ne nomme pas (duos Scottos de Hibernia, dit-il, I, 1) : l'*Hist. litt. de la France*, t. IV, confond Clément le Grammairien avec un évêque hérétique Clément le Scot, qui troubla l'Église de Mayence au temps de S. Boniface. L'influence de Clément le Grammairien à l'École du Palais aurait été plutôt regrettable, s'il en a eu et si, comme le propose Mabillon, on l'identifie avec un des maîtres dont Alcuin se plaignait vers 798 (*Epist. 98*, Jaffé).

(1) Artes liberales studiosé coluit... In discendâ grammaticâ Petrum Pisanum diaconem senem audivit. In ceteris disciplinis Albinum cognomento Alcoinum, item diaconem, de Brittaniâ Saxonici generis hominem, virum undecumque doctissimum, praeceptorem habuit ; apud quem et rhetoricae et dialecticæ, præcipué tamen astronomiæ ediscendæ plurimum temporis et laboris impertivit. Discebat artem computandi et intentione sagaci siderum cursum curiosissime rimabatur. *Vita Karoli* d'Éginhard, ch. 26. — Éginhard, ou plutôt Einhart (770-840), élevé dans l'abbaye de Fulda, puis envoyé à la cour de Charlemagne, y eut (791-796) Alcuin pour maître.

(2) Guizot, *Hist. de la civil. en France*, leçon 22e. — Cf. *Hist. litt. de la France*, t. IV, 1738, pp. 295-347.

composés également sur le *quadrivium* (1), c'est-à-dire sur l'Arithmétique, sur la Géométrie, sur la Musique et l'Art métrique (ou la théorie des longues et des brèves, des pieds et des accents) et sur l'Astronomie, à moins qu'il ne faille identifier à ces traités certains fragments munis de ces divers titres et du nom d'*Albinus M[agister]* dans un manuscrit in-folio du XIIe siècle conservé à Vienne (2).

On a attribué à tort à Alcuin un fragment d'un traité général sur les Sept Arts. Ozanam, qui en reproduit quelques lignes dans *La Civilisation chrétienne chez les Francs*, a fait la même erreur ; mais déjà Dom Garet dans la préface de son édition des œuvres de Cassiodore, en 1729, avait démontré que ce fragment appartient aux *Institutiones* de Cassiodore.

En 796, Alcuin, se sentant au seuil de la vieillesse, obtint d'échanger le séjour agité de la cour de Charlemagne contre la solitude paisible de l'abbaye de Saint-Martin à Tours (3). Aussitôt s'établit entre le roi et lui une correspondance épistolaire : les sciences n'y furent point oubliées. Un jour, en 798, le docte vieillard annonce à son royal correspondant l'envoi d'une collection de problèmes arithmétiques : *Misi excellentiae vestrae... figuras arithmeticæ subtilitatis lætitiæ causâ.* Cette collection d'énigmes arithmétiques, géométriques et autres, réunies par Alcuin et qui eurent le privilège de récréer Charlemagne, a eu l'heureuse chance de parvenir jusqu'à nous à travers les siècles,

(1) Il y renvoie lui-même dans ses *De Rhetoricâ* et *De Grammaticâ*.

(2) Ces fragments *Arithmetica Albini M.*, *Musica Albini*, *Geometria Albini*, *Astrologia*, appartiennent au mns. 2269 de la Bibliothèque de Vienne, décrit par Bubnov (*Gerberti Op. math.*, p. LXXXIX), qui propose cette identification (*ibid.*, p. 564). De ces quatre fragments, le troisième se réduit à son titre, *Geometria*, le copiste ayant laissé en blanc les cinq colonnes où il se proposait sans doute de transcrire l'opuscule. — Dans *Une Correspondance d'écolâtres du XIe siècle*, publiée par P. Tannery et Clerval (Paris, 1901), l'écolâtre Rodolphe de Liège déclare à Raginbold de Cologne qu'il a vu à Chartres un certain livre portant le nom *Albinus* et analogue au *Podismus* : il demande à emprunter cet *Albinus*, s'il se trouve aussi à Cologne. S'agissait-il d'une Géométrie d'Alcuin, ou simplement de ses *Propositiones ad acuendos juvenes*, qui contiennent quelques problèmes d'arpentage ?

(3) M. R. Ball indique 801, par erreur. De 796 à 801, Alcuin séjourna plus habituellement à Tours qu'à la cour de Charlemagne. En 801, il fut déchargé des fonctions d'abbé de Saint-Martin, que lui avait imposées la volonté royale ; il continua à résider à l'abbaye, et y dirigea jusqu'à sa mort (19 mai 804) l'École monastique, qu'il y avait fondée et où affluaient des jeunes gens de tous les pays.

ancêtre incontestable des innombrables recueils modernes de Récréations mathématiques (1). — Parmi les cinquante-trois *Propositiones ad acuendos juvenes* du recueil d'Alcuin, un certain nombre sont d'origine grecque : elles avaient passé sans doute des bibliothèques et des écoles romaines dans les bibliothèques et les écoles anglo-saxonnes ; on les retrouve aussi chez les Hindous et chez les Byzantins. De ce nombre sont plusieurs problèmes que nous traduisons par des équations indéterminées du premier degré ; par exemple, le partage de 100 boisseaux de blé entre 100 serviteurs, chaque homme ayant droit à trois boisseaux, chaque femme à deux, chaque enfant à un demi (2). Mais ces problèmes indéterminés, qui avaient ravi les Grecs et auxquels l'hindou Aryabhâta, antérieur de trois cents ans à Alcuin, a donné des solutions générales dignes de son génie algébrique, Alcuin ne semble pas soupçonner leur vraie beauté et la multiplicité de leurs réponses : il donne à chacun la première réponse numérique venue, trouvée sans doute par tâtonnement ; par exemple, pour le problème cité tantôt, 11 hommes, 15 femmes et 74 enfants (3). Du reste, le recueil est tout entier d'une excessive médiocrité : les *Propositiones* du précepteur de Charlemagne sont très inférieures, pour la plupart, aux charmantes *Épigrammes* arithmétiques des Grecs anciens, que nous ont transmises les Anthologies byzantines et que Bachet de Méziriac a insérées à la suite du Livre V^e^ de son édition (1621) des

(1) Ces *Propositiones* d'Alcuin (*Alcuini Opera*, édit. Froben, t. II, pp. 440-448, et Migne, P. L., t. 101, col. 1143-1169) nous sont parvenues par un manuscrit antérieur à l'an 1000, de l'abbaye de Reichenau, où le copiste les a transcrites à la suite d'un commentaire d'Alcuin sur la Genèse. Attribuées longtemps à Bède, tout confirme qu'elles sont bien d'Alcuin : le passage de la lettre de 798 à Charlemagne (*Epist. 85*, édit. Froben, ou *Epist. 112*, édit. Jaffé), la forme enjouée, le style et toute la composition. — Plusieurs de ces énigmes alcuiniennes se sont transmises de générations en générations, et ont exercé la sagacité de nos aïeux — et finalement celle de nos lecteurs eux-mêmes en leur jeunesse : — tels sont le problème du Chien poursuivant un Lièvre qui a une avance de 150 sauts, le problème du Réservoir à trois robinets, l'énigme du Loup, de la Chèvre et du Chou, l'énigme du Père, de la Mère et de leurs deux Fils, qui, pour traverser une rivière, ont un esquif trop frêle pour porter plus que le père seul ou la mère seule ou à deux les deux jeunes garçons, l'énigme analogue des trois hommes et de leurs trois sœurs, laquelle s'énonce aujourd'hui l'énigme des trois maris.

(2) Quidam paterfamilias habuit familia[re]s centum... Dicat ergo qui valet quot viri, quot mulieres, quot infantes fuerunt. *Prop. 34.*

(3) La solution générale est $(20-3n)$ hommes, $5n$ femmes et $(80-2n)$ enfants, n admettant une quelconque des valeurs 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Arithmétiques de Diophante (1). Les lecteurs modernes sourient de la simplicité et de la naïveté des problèmes posés ; cependant ne convient-il pas d'admirer en cet écrit, contemporain de Charlemagne, la première manifestation, pleine de promesses, d'une passion noble et jusqu'alors inconnue des Francs : la curiosité scientifique et l'amour désintéressé de la Mathématique (2) ?

Le lecteur nous pardonnera de l'avoir attardé au récit de la renaissance carolingienne des sciences exactes. Notre excuse est que c'est chez nous ou tout proche de nous que le réveil des

(1) Ces Épigrammes, en vers grecs souvent excellents, furent écrites, les unes (nn. 1-9 et 41-44 de Bachet) par un certain Socrate, antérieur de plusieurs siècles à Diophante et déjà cité par Diogène de Laërte, les autres (nn. 10-40 de Bachet) vers l'an 500 par le grammairien Métrodore de Byzance, que par erreur M. R. Ball (p. 108) fait vivre deux siècles plus tôt, le confondant avec un grammairien byzantin homonyme. Parmi les Épigrammes du poète Socrate, indiquons le Lion d'airain, les Grâces et les Muses, les Disciples de Pythagore, la Statue de Pallas. Cf. *Diophanti Opera*, édit. P. Tannery, t. II, pp. x-xiii et pp. 43-56. L'énigme du Mulet et de l'Ane (n. 45 de Bachet), d'un auteur inconnu, vient de l'Anthologie de Planude : elle est identique, au fond, à la Proposition 16 (les Meneurs de Bœufs) d'Alcuin, qui comprend mal son propre énoncé et répond 4 et 8 au lieu de 10 et 14.

(2) Rectifions ici et complétons la notice sur Alcuin donnée par M. R. Ball. Né en 735, en l'année où mourut Bède, et élevé sous les yeux du disciple et ami de Bède, l'archevêque Egbert, Alcuin eut pour maîtres Egbert d'abord, mais ensuite et surtout Elbert, plus tard archevêque lui-même d'York (766-778). Il devint l'aide, puis le successeur (766) d'Elbert dans la direction de l'École épiscopale d'York, et il l'appelle volontiers *dilectus meus magister Elberthus* (ou *Helbrechtus*). M. R. Ball fait, à tort, d'Alcuin un abbé de Cantorbéry ; Alcuin ne résida et n'enseigna qu'à York, puis à la cour de Charlemagne, et enfin à Tours, où il mourut en la fête de la Pentecôte de l'an 804.

L'édition complète de ses Œuvres — celle de Quercetanus, ou André Duchêne, Paris, 1617, est incomplète — munie d'un riche appareil historique, est de Frohen, abbé de Saint-Emmeran à Ratisbonne (Ratisbonne, 1777, en deux in-folio) : Migne la reproduit, P. L., tt. 100-101. Les *Alcuiniana* de Jaffé (*Mon. rer. germ.*, t. VI, 1873, Berlin, édité par Wattenbach et Dümmler) contiennent l'édition critique de ses lettres et de ses écrits historiques.

Alcuin resta diacre toute sa vie. — Raban Maur, son disciple à Tours, inscrivit le B. Alcuin à son martyrologe. — Alcuin fut-il moine ou simplement clerc, et l'École d'York fut-elle monastique ou simplement épiscopale ? La thèse du bénédictinisme d'Alcuin et de l'École d'York, est soutenue par l'autorité et les arguments de Mabillon (*Acta SS. O. S. B.*, t. IV, 1e p., 1677) et acceptée par Alb. Hauck (*Kirchengesch. Deutschl.*, t. II, Leipzig, 1900) ; elle paraît douteuse à Froben lui-même (*Alcuini Op.*, t. I, p. xxi), et toute conclusion semble prématurée aujourd'hui encore à l'auteur (F. Fernet) de l'article *Alcuin* du *Dictionn. de Théol. cathol.* de Vacant, Paris, t. I, 1903, et à Gaskoin, *Alcuin, his life and his work*. Londres, 1904, pp. 248-252.

sciences et des lettres en Occident, après trois siècles d'ignorance, eut ses premiers et célèbres commencements. Herstal, Jupille, Aix, séjours préférés de notre grand empereur, furent les théâtres des réunions habituelles de l'École palatine, cette « Académie » — le mot est d'Alcuin — que souvent présidait Charlemagne et qu'Alcuin dirigeait.

Il semble même que notre pays eût dû être le premier à voir se multiplier, sous l'action attentive du monarque, ses écoles primaires et se développer les écoles plus savantes des monastères et des palais épiscopaux. Cependant il ne reste guère de traces du fruit des incontestables efforts de Charlemagne (1). L'insignifiance de ces traces s'explique peut-être par les invasions normandes qui ont anéanti d'innombrables documents historiques (2) ; mais, probablement, elle répond davantage encore à la lenteur réelle que mirent nos contrées à sortir de leur ignorance.

Charlemagne fut à peine disparu de la scène du monde, que les nuages s'amoncelèrent. Le IXe siècle, qui s'était glorieusement inauguré par le couronnement impérial, fut livré à de formidables orages. C'étaient les discordes politiques, et bientôt les guerres fratricides, l'anarchie et les désordres. C'étaient, en même temps, dans les provinces occidentales de l'empire, depuis l'Elbe jusqu'à l'Espagne, les furieuses incursions des Normands : nos villes furent saccagées, nos pays ravagés, les monastères et les palais épiscopaux pillés et leurs bibliothèques détruites. De son côté, l'Italie était la proie des Sarrazins, qui remontaient jusqu'en Provence. L'ère barbare semblait se rouvrir. Montucla, dans son *Histoire des Mathématiques*, regarde l'espace d'un

(1) On cite parfois l'évêque de Liége Gherbald (785-809) comme ayant inculqué à son clergé le goût de l'étude. En réalité, la lettre de Charlemagne empereur à Gherbald et les deux lettres de l'évêque « à ses curés *(parochianis)* des divers *pagi* : Condroz, Lommois [l'Entre-Sambre-et-Meuse], Hesbaye et Ardennes », concernent tout autre chose : il s'agit du simple enseignement religieux rudimentaire — *Pater* et *Credo* — à tous les fidèles (Martène et Durant, *Ampliss. Coll.*, t. VII, 1733, col. 15-21). Bien plus remarquable est le mandement bien connu (791) de Théodulf, l'ancien membre de la pléïade palatine, transféré de l'École du Palais au siège épiscopal d'Orléans : l'évêque mande aux prêtres des bourgs et villages de tenir des écoles, et d'instruire les enfants de tout fidèle sans rien accepter, sauf les dons spontanés de parents reconnaissants.

(2) C'est l'opinion de H. Pirenne, *Sédulius de Liège* (1882) et *Hist. de Belgique (Des Origines au XIVe siècle)*, Bruxelles, 1900.

siècle et demi qui suivit la mort de Charlemagne « comme la période de la plus profonde obscurité qui ait régné en Occident ». Ce jugement semble trop sévère. Le voile d'obscurité, qu'avait soulevé la main de Charlemagne, semblait sans doute de nouveau « recouvrir le monde », mais ces ténèbres ne furent plus jamais aussi denses ni d'une aussi vaste étendue, non plus que d'une si désespérante durée, qu'avant l'ère de Charlemagne.

Nous indiquerons plus loin quelle fut, chez les Belges, la culture médiocre, mais réelle des Mathématiques dans le cours des trois siècles qui suivirent le règne de Charlemagne. Auparavant, un nom va nous arrêter quelque temps, celui d'un savant qui appartient à un pays voisin du nôtre : le moine Gerbert, ou, de son nom pontifical, Sylvestre II. Nous avons déjà rencontré ce célèbre écolâtre de Reims à propos de l'histoire de l'Abaque (1). C'est le seul nom que M. R. Ball trouve à citer en cette longue période, avec celui d'un modeste abaciste, Bernelin, qu'il croit disciple de Gerbert.

Élevé en l'abbaye de Saint-Gérauld, à Aurillac en Auvergne, le jeune bénédictin compléta son éducation scientifique (967-970), non point chez les Arabes d'Espagne, comme on le crut autrefois (2), mais dans la Marche espagnole auprès de Hatton, évêque de Vich. Au témoignage du disciple de Gerbert, le moine chroniqueur Richer, Gerbert fit de la Mathématique son étude favorite. En 970, nous trouvons Gerbert à Rome, avec l'évêque Hatton : le pape Jean XIII l'invite, de concert avec l'empereur Otton I, à donner, dans les écoles romaines, des leçons de Mathématiques, d'Astronomie et de Musique. Deux ans plus tard, les instances de l'archidiacre de Reims, Géranne, lui firent quitter les écoles romaines pour les écoles rémoises, que lui confia l'archevêque Adalbéron. A Reims affluèrent bientôt de tous les pays des disciples attirés par sa réputation, notamment des prêtres romains, parmi lesquels plusieurs qui furent plus tard les maîtres de Grégoire VII.

(1) Revue des Quest. scient., avril 1908, pp. 567 et suiv. — Au sujet de Gerbert, cf. *ibid.*, l'indication des sources. Le P. Bellino Carrara, S. J., vient de publier une contribution sur *L'Opera scientifica di Gerberto o Papa Sylvestro II* (Rome, 1908, 36 pp.) ; nous regrettons que l'auteur n'ait point consulté l'édition critique des *Gerberti Opera mathem.* de N. Bubnov (Berlin, 1899).

(2) Gerbert ne connut jamais l'arabe, non plus que le grec. Il n'a jamais été à Cordoue et n'eut jamais de relations avec les Arabes, mais seulement avec des arabisants, chrétiens ou juifs, de la Marche d'Espagne.

Écolâtre de Reims, de 972 à 982, Gerbert donna un immense renom à l'école épiscopale, déjà célèbre un siècle plus tôt sous l'archevêque Foulques par l'enseignement (893-900) du moine belge Hucbald, venu de l'abbaye de Saint-Amand. A cette période de la vie de Gerbert se rattachent ses travaux sur l'Abaque et ses lettres diverses sur des points obscurs du *De Arithmetica* et du *De Musicâ* de Boèce. En 983, il devint abbé de Bobbio en Italie, mais il dut revenir à Reims dès l'année suivante. Les bibliothèques de Bobbio et de la Haute Italie lui mirent entre les mains des écrits d'arpentage des *Gromatici* romains, réunis dans les manuscrits analogues au *codex Arcerianus* (1). Archevêque de Reims en 991, puis de Ravenne en 998, il illustra de 999 à 1003 le siège pontifical sous le nom de Sylvestre II : « Reims, Ravenne, Rome, ce sont ces trois R, disait volontiers en souriant le vieux pontife, qui furent les trois échelons de ma vie (2). » — Précurseur éclairé des *litterati* de la Renaissance, Gerbert avait pour l'étude de l'antiquité profane latine une prédilection, dont nous avons déjà parlé et qu'on aime à louer chez ce moine bénédictin (3). Promoteur de l'élan scientifique et littéraire qui marqua la fin du xe siècle, l'ancien disciple de Hatton conserva toute sa vie, à côté de son amour des belles-lettres, sa passion des sciences mathématiques et des sciences physiques.

Nous avons dit plus haut, à propos de l'histoire de l'Abaque, la place occupée par Gerbert dans les fastes de l'Arithmétique. En Géométrie, ses services ne furent pas moindres. Sans doute, pour lui comme pour tout autre alors dans l'Occident latin, la Géométrie était, non pas une science de démonstration, mais un ensemble de règles transmises par les agrimenseurs romains et considérées comme d'heureux résultats empiriques. Aussi Gerbert n'arriva point à instituer un réel enseignement de la Géo-

(1) Ce codex, du VIe ou VIIe s., conservé à Wolfenbüttel, doit son nom à son premier acquéreur Jean Arcère (XVIe s.). Cantor croit que Gerbert eut en mains cet *Arcerianus* même ; mais la thèse paraît bien douteuse.

(2) Helbald, moine de Fleury, écrivant peu avant 1048 sa *Vita regis Rotberti Pii* — le roi Robert avait eu Gerbert pour précepteur à Reims, — raconte de Gerbert : Inter cætera de se lætus et hilaris itâ in R litterâ lusit : Scandit ab R Girbertus in R, post papa viget R. (Migne, P. L., t. 131, col. 911.)

(3) Sur la place d'honneur que les Bénédictins du Moyen Age attribueraient aux grands écrivains de l'antiquité païenne classique dans l'enseignement littéraire, voyez le livre de Ch. Daniel, S. J., *Des études classiques dans la société chrétienne*, ch. V, Paris 1853, paru en articles dans LE CORRESPONDANT, en 1852.

métrie ; mais du moins il sut, par sa correspondance et par ses travaux, promouvoir chez ses contemporains le goût de cette science. Citons la lettre qu'il adressa de Bobbio, en 983, à l'archevêque de Reims, Adalbéron, où il lui annonce l'envoi d'*écrits des plus remarquables sur les figures géométriques* (1). Rappelons aussi la lettre qu'il écrivit, entre 997 et 999, à Adelbold, futur archevêque d'Utrecht, alors écolâtre de l'abbaye de Lobbes en Hainaut et abbé (990-1007) de ce monastère : l'archevêque Gerbert résout une difficulté de son correspondant relative à l'aire d'un triangle ; il s'agit d'un certain triangle rencontré par Adelbold dans des écrits géométriques que Gerbert lui-même lui avait précédemment envoyés (2). Plus tard, l'écolâtre de Lobbes s'enhardira jusqu'à soumettre plus d'une fois à l'ancien écolâtre de Reims, devenu le pontife romain, ses doutes en matière de Géométrie : le pontife, absorbé par ses universelles sollicitudes, sera lent à répondre, mais le moine géomètre ne s'en découragera pas, et il reste, de cette étrange correspondance, sa curieuse lettre à Sylvestre II sur le volume de la sphère, *De crassitudine Sphæræ* (3). Adelbold y entretient le pape des deux règles des arpenteurs romains : La sphère occupe les $^{11}/_{21}$ du cube circonscrit, ou encore les $^{2}/_{3}$ du boisseau *(forma modii*, le cylindre circonscrit à la sphère).

La *Geometria Gerberti*, publiée pour la première fois en 1721 par le bénédictin Bernard Pez, d'après un manuscrit du XIIe siècle du monastère de Saint-Pierre à Salzbourg, et qui eut une

(1) ... VIII volumina Boetii, de astrologiâ, præclarissima quoque figurarum geometriæ, aliaque non minus admiranda. Cf. Bubnov, pp. 98-101.

(2) In his geometricis figuris, quas à nobis sumpsisti. — Il s'agit de trouver la hauteur, *cathetus*, du triangle équilatéral de 30 pieds de côté ; ce triangle de 30 pieds de base apparait souvent chez Boèce et dans les *codices* des agrimenseurs. Au lieu de 25,98..., Gerbert trouve par une faute de calcul $25\,^{5}/_{7}$, qu'il écrit *XXV et quinque septimas :* notons ce premier emploi des fractions ordinaires modernes *(minutiæ intellectuales*, comme on disait au XIe siècle), au lieu des fractions duodécimales romaines habituelles *(minutiæ usitatæ).*

(3) Domino Sylvestro summo et pontifice et philosopho Adelboldus Scolasticus... Valde peccare est publicis intentum utilitatibus privatis inquietare conventionibus... et tamen temere ago. et non ignoranter pecco, quod tantum virum quasi conscolasticum juvenis convenio... — Publiée par Dom Pez en 1721, la lettre est reproduite par Migne, P. L., t. 140, col. 1103-1108 ; voy. le texte critique chez Bubnov, *Op. cit.*, pp. 300-309. Cf. INTERMÉD. DES MATHÉM., t. XI (1904), pp. 254-255. — La règle $V = {}^{11}/_{21}\, D^3$ se trouve chez l'agrimenseur Épaphrodite (édit. Mortet, n. 40) ; elle est omise dans le *codex Arcerianus ;* on la retrouve dans la 3e partie de la *Geometria Gerberti* (éditions Pez et Olleris, n. 82).

grande influence sur la science médiévale (1), est-elle bien de Gerbert, et tout entière de lui ? M. R. Ball n'émet pas même le doute. Cependant la controverse est devenue très chaude depuis une quarantaine d'années.

D'un mérite certes très inégal, mais trop rabaissé par M. R. Ball, l'œuvre entière est composée de trois opuscules bien distincts, qui, dans la plupart des manuscrits, se présentent anonymes et isolés. Il semble bien que tous trois étaient connus en Lotharingie dès la seconde moitié du XIe siècle. Parfois, en Bavière du moins, des *librarii* du Moyen Age les ont réunis fortuitement en un seul *codex* ; c'est le cas de deux manuscrits, l'un du XIIe, l'autre du XIe siècle : le codex de Salzbourg et son aîné, le codex de Munich.

La première partie (2) de cette *Geometria* révèle un esprit curieux et instruit. C'est un essai de manuel, essai clair et méthodique, brusquement arrêté et resté inachevé. La science géométrique y est faible. Le théorème général de Pythagore sur le carré de l'hypoténuse y semble ignoré de l'auteur : il paraît ne l'admettre que pour les triangles à côtés proportionnels aux nombres 3, 4, 5, qu'il appelle triangles pythagoriques. Les mots *angles intérieurs* et *angles extérieurs*, rencontrés par hasard dans le Commentaire de Boèce sur les catégories d'Aristote, sont pour l'auteur de la *Geometria*, de simples mais embarrassants synonymes d'angles aigus et d'angles obtus. Dans cette partie, pas plus que dans les deux autres, on ne trouve l'ombre d'une démonstration géométrique : au Xe siècle, ç'eût été devancer son temps. Bubnov attribue cette première partie à Gerbert ; mais sa thèse reste sujette à caution.

La seconde partie (3), que le codex de Salzbourg séparait de

(1) Pez, *Thesaurus Anecdot.*, t. III, 2e p., col. 5-82 ; Migne, P. L., t. 139 (1853), et Olleris (*Œuvres de Gerbert*, 1867) ont reproduit ce texte. Voy. l'édition critique de Bubnov. — Cantor, dès 1875, rejette les doutes émis en 1867 par Olleris et déclare que cette *Geometria* a été composée entièrement par Gerbert, à Bobbio, vers 983, et d'après le manuscrit d'Arcérius.

(2) Le prologue et les chapitres 1 à 13 (éditions de Pez, de Migne et d'Olleris). — Weissenborn (*Gerbert*, Berlin, 1868) croit que cette partie a été écrite après Gerbert ; Friedlein la déclare d'un auteur inconnu ; P. Tannery semble avoir établi qu'elle a été composée entre 1025 et 1050. — Cf. *Une Correspondance d'écolâtres au XIe siècle*, publiée par P. Tannery et l'abbé Clerval, dans les NOT. ET EXTR. DE MSS. DE LA BIBL. NAT., t. 36, II, 1901, pp. 486-543 : c'est surtout d'après l'introduction mise à cette Correspondance par P. Tannery, que nous exposons la question de la *Géométrie* de Gerbert ; voy. aussi C. R. DE L'AC. DES I. ET B.-L., 1897, pp. 214-221.

(3) Ch. 14 (Geometricales tractantes diversitates...) à 40. — Friedlein attri-

la précédente par un demi-feuillet laissé en blanc, comme s'il s'agissait d'un *libellus* distinct du premier, est une compilation de questions d'arpentage. On y explique les instruments et les procédés. Ce n'est point, comme les cahiers des agrimenseurs romains, un recueil de calculs numériques : c'est un manuel opératoire. L'infiltration de la science arabe y semble indéniable. L'astrolabe avec ses alidades (le mot *alhidada* s'y trouve) y est employé, ou plutôt, sous le nom grec d'astrolabe, le Quadrant imaginé par les Arabes. Instrument d'origine grecque — inventé par Hipparque, si point par Apollonius de Perge, et étudié par Ptolémée, — l'astrolabe planisphère était un appareil astronomique, en forme de disque circulaire, destiné à observer les hauteurs du soleil et des astres et à déterminer l'heure (1). Les Arabes, pour le rendre propre au service de l'arpentage, en avaient modifié une face, le revers *(postica planities)*, en y traçant un quart de cercle, ou *quadrans*, à limbe gradué ; ils inscrivaient dans ce quart de cercle un carré à côtés gradués. L'instrument, ainsi complété, avait conservé le nom d'*astrolabe*. Pour opérer sur le terrain, on tenait cet astrolabe dans un plan vertical : un fil à plomb partait du centre du cercle ; on visait suivant un des deux côtés du quart de cercle, à l'aide d'une règle à pinnules *(pinnæ, foramina)* ou alidade *(mediclinium)*, et on notait par quelle division *(numerus graduum)* du limbe passait le fil à plomb.

La troisième partie (2) est aussi le travail d'un compilateur ;

lue cette partie à Gerbert ; Bubnov, à un inconnu antérieur ; Weissenborn et P. Tannery, à un anonyme d'une époque ultérieure.

(1) Une *dioptre*, ou règle à pinnules, mobile autour du centre, servait de ligne de visée. L'astrologue tenait l'appareil suspendu par un anneau à la main gauche ; s'il s'agissait d'observer le soleil, il suffisait, pour se dispenser de viser directement cet astre, de diriger la dioptre de façon qu'un même rayon de soleil passât par le trou de la pinnule supérieure et par le trou de la pinnule inférieure.

(2) Ch. 41 à 94. — Friedlein déclare inconnu l'auteur de cette partie. Bubnov a combattu, puis finalement *(op. cit.*, pp. 554-562 et *Præfatio)* a adopté la thèse de P. Tannery, que nous exposons d'après les articles de celui-ci dans le Bull. des Sc. Math. *(passim)* et d'après son introduction à *Une Correspondance d'écolâtres du XI siècle*. Des travaux de P. Tannery et de Mortet sur *Un nouveau texte des traités d'Epaphroditus et de Vitruvius Rufus*, dans les Not. et Extr. des Mss. de la Bibl. nat., t. 35, II, 1897, semblent confirmer l'opinion de Weissenborn, que, contrairement à l'opinion de Cantor, le codex d'Arcérius n'a point servi à former le noyau de cette partie de la *Geometria Gerberti* : il est douteux aussi que l'*Arcerianus* soit le noyau de la Géométrie du Pseudo-Boèce.

c'est un assemblage, sans ordre, de problèmes métriques empruntés aux agrimensors romains. Cette troisième partie, si l'on accepte l'opinion très motivée de P. Tannery, à laquelle Bubnov s'est rallié, est bien — sauf des additions ultérieures successives — l'œuvre de Gerbert, ou, pour mieux dire, c'est un recueil de notes que Gerbert a fait ou s'est fait faire en vue de ses études personnelles. Il date vraisemblablement de son séjour, en 983, à Bobbio : la bibliothèque de l'abbaye ne pouvait lui cacher aucun de ses trésors (1), et d'autres bibliothèques de la Haute Italie purent lui montrer d'autres richesses encore. Il semble bien que cet ensemble de notes, envoyé tel quel un jour par Gerbert avec sa coutumière obligeance à son ami le moine de Lobbes, constitue les *geometricæ figuræ* au sujet desquelles Adelbold le questionna en 987. Peut-être l'envoi analogue fait par Gerbert, de Bobbio même à Reims, à Adalbéron en 983, contenait-il déjà ce même recueil, que Gerbert retrouvera à Reims à son retour. On identifiera aussi à ce recueil le *Gerberti libellus geometricus* que lone vers 1059 Francon, l'écolâtre de Liège, dans le prologue de son *De Quadraturâ circuli* (2).

On a attribué également à Gerbert, sur la foi de manuscrits du XIIe et du XIIIe siècle, un *De utilitatibus Astrolabii* (3). Écrit

(1) Le catalogue de cette bibliothèque, écrit au Xe siècle et reproduit par Muratori (*Antiquitates Ital. medii ævi*, t. III, col. 818-824), peut fort bien avoir été rédigé par Gerbert même, comme déjà le fait observer Olleris.

(2) Cf. les ch. 56 et 77 de la *Geometria Gerberti* où il est question de la mesure du cercle.

(3) De cet opuscule *Quicumque astronomicæ....* on connaît plus de vingt-cinq manuscrits, tous postérieurs au XIe siècle, les uns anonymes, les autres (Bubnov en cite sept) portant le nom de Gerbert ; Bubnov, qui incline à affirmer la paternité de Gerbert, a donné une édition critique (*Gerberti op. math.*, pp. 109-147). Un catalogue des mns. de l'abbaye de Saint-Epvre, à Toul, au XIe siècle, cite déjà un *Girberti de astrolapsu*. — L'écrit attribué à Gerbert est le second des trois opuscules sur l'Astrolabe que Pez a publiés en 1721 (*Anecdot.*, t. III, 2e p., reproduits en 1853 par Migne, P. L., t. 143, col. 379-412) d'après le même mns. de Salzbourg qui déjà lui avait fourni la *Geometria Gerberti*. La dédicace du premier de ces trois écrits s'ouvrant par les mots *Hermannus, Christi pauperum peripsema....* Pez les a mis tous trois sous le nom du bénédictin souabe Hermann le Contrefait — Hermannus Contractus (1013-1054) — de l'abbaye de Reichenau.

On peut douter que le pieux chroniqueur de Reichenau soit l'auteur d'un seul de ces trois écrits sur l'Astrolabe. Un manuscrit de l'Université de Louvain, mns. 217 (anc. 51), du XIIe siècle, reproduit le premier des trois opuscules (Hermannus X. pauperum... Cum a pluribus amicissime perogarer...) avec cette ancienne note marginale : Hermannus iste astrologus fuit natus de Karinthiâ, non contractus de sueuia et transtulit al magestum. Ce second

avec clarté, mais hérissé de termes techniques arabes, tous d'ailleurs soigneusement expliqués, cet opuscule très méthodique expose la construction de l'Astrolabe planisphère de Ptolémée — la *Walzagora* arabe — et son emploi en Astronomie : détermination du lever et du coucher des astres, hauteur des astres, durée du jour, détermination de l'heure, soit de jour, soit de nuit, etc. Le *quadrant,* que les Arabes y ajoutaient d'ordinaire, tracé au revers de l'instrument, est mentionné, mais sans explication. Il n'est point question des applications à l'arpentage. — Si, malgré de graves objections, on revendique pour Gerbert la connaissance de l'astrolabe et la paternité de ce petit traité astronomique, il faudra, vraisemblablement, voir en ce *libellus* un simple, mais excellent remaniement d'une traduction latine, d'ailleurs perdue, de quelque écrit astrologique arabe (1) ; Gerbert, ou l'auteur inconnu de cette adaptation, y a ajouté un chapitre d'après Martianus Capella *(De Nuptiis*, ch. VI) sur les climats géographiques, et s'il cite Ératosthène et Ptolémée, il les connaît soit par Capella ou par Boèce, soit par des traductions latines, mais non par leur texte grec.

Musicien, astronome et physicien, Gerbert consacra son génie fécond et son talent à inventer et à construire de merveilleux appareils, que ses contemporains ont décrits et que la facile imagination des chroniqueurs ne tarda point à embellir outre mesure. M. R. Ball aurait pu se défier davantage de la crédulité de moines naïfs et de la malveillance de certains autres. Gerbert s'intéressait sans nul doute aux orgues ; mais l'orgue hydraulique que faisait chanter merveilleusement la vapeur d'une eau bouillante, n'a pour garant que Guillaume de Malmesbury : c'est ce même moine du XIIe siècle qui, dans son infatigable chronique, ressassa contre la mémoire du pontife Sylvestre II les ridicules accusations d'astrologie, de nécromancie et de magie diabolique formulées en haine du prédécesseur de Grégoire VII par Bennon, le soutien de l'antipape Guibert (2). Quant à l'*orologium* de

Hermann, Hermann le Dalmate (XIIe siècle), est l'auteur probable, sinon de cet opuscule, du moins d'une traduction latine, faite sur l'arabe, de l'*Astrolabe planisphère* de Ptolémée.

(1) L'auteur de cette première traduction — Gerbert ne connaissait pas l'arabe — pourrait être son contemporain l'arabisant Lupitus, de Barcelone. Vers avril 984, Gerbert écrit de Rome à *Lupitus Barchinonensis :* ... librum de astrologiâ translatum à te mihi dirige, et si quid mei voles in recompensationem, indubitatè reposce.

(2) Bennon, *Vita et gesta Hildebrandi.* Inventées au fort de la violente querelle des investitures par des esprits hostiles au Siège romain, ces fables

Gerbert à Magdebourg, ce n'était point une horloge à poids, mais, au témoignage de l'évêque Thietmar (1), un cadran astronomique, que l'on orientait à l'aide d'un tube *(fistula)* dirigé « vers l'étoile des nautonniers ».

Au cours de l'étude que nous venons de consacrer à l'œuvre mathématique de Gerbert et à l'influence scientifique de ce grand homme sur ses contemporains, plusieurs noms belges ont attiré notre attention.

Assurément la culture des sciences exactes, pendant les trois siècles qui suivirent le règne de Charlemagne, fut très médiocre en nos contrées, comme d'ailleurs dans toute l'Europe chrétienne, et M. R. Ball a eu raison de ne pas même s'en occuper. Cependant il est intéressant pour nous de déterminer quel fut le niveau des connaissances scientifiques de nos propres ancêtres, à cette époque où naissait la civilisation moderne. L'intérêt de ce problème s'accroît, si l'on observe que notre pays était situé au foyer même de la renaissance médiévale : à partir de Charlemagne, en effet, nos régions furent le théâtre où ne cessèrent de se mêler, tantôt se combattant, tantôt s'associant, les influences des deux grandes races, romaine et germanique, qui aujourd'hui encore se partagent notre territoire.

Le IXe siècle, désolé par les incursions des pirates du Nord et par les désordres et les guerres civiles, n'a laissé que de trop rares documents écrits. Ils sont insuffisants à attester l'action scientifique exercée sur l'esprit de nos ancêtres soit par Alcuin et ses compagnons anglo-saxons, soit par les Irlandais ou *Scotti* : — citons, parmi ces derniers, les Dungall, estimés de Charlemagne et de ses successeurs (2) ; Dicuil, le moine géographe et computiste, qui dédia en 816 à Louis le Pieux une Astronomie

extravagantes avaient fini par prendre corps, si bien que le docte et pieux Sigebert de Gembloux, aveuglé par ses préjugés dans cette querelle, hésite en sa Chronique à les rejeter toutes franchement *(Chronographia*, ad a. 1071, écrite vers 1105).

(1) *Chronicon*, VII, ch. 40 (chapitre écrit vers 1016). Migne, P. L., t. 139.

(2) Un de ces Dungall, moine reclus près de Saint-Denys, écrivit à Charlemagne, qui l'interrogeait au sujet de deux éclipses de soleil, arrivées prétendûment toutes deux en 810, une lettre où il se montre astronome médiocre et latiniste passable. D'autres Irlandais du même nom et du même siècle, mais bien distincts de lui, semble-t-il, appartiennent à l'histoire des abbayes de Corbie, de Lorsch, de Saint-Gall, de Bobbio ; l'un d'eux laissa sa bibliothèque au monastère de Bobbio.

versifiée et écrivit en 825 un *De Mensurâ orbis Terrae* (1), et enfin Duncant le Pontife, qui enseigna (IXe s. ?) à Reims ou à Auxerre et commenta Marcianus Capella (2). — Il semble que les goûts des lettrés se portaient davantage vers la poésie, la dialectique, l'exégèse et même la science du grec que dans la direction des Mathématiques. On voit, à cette époque, l'Irlandais Sédulius se fixer à Liége entre 840 et 851 auprès de l'évêque Hartgar : par ses énigmes et ses poésies boursouflées, il charmait les princes francs, ainsi que l'évêque Hartgar et son successeur Francon (3). Vers le même temps, son illustre compatriote Jean Scot Érigène, helléniste passionné, fasciné jusqu'à l'aberration par la philosophie alexandrine, brillait à l'École palatine de Charles le Chauve. Son commentaire du *De Nuptiis* de Capella intéresse plus la philologie et l'histoire des origines de la scolastique que l'histoire des Mathématiques et du *quadrivium*.

A la fin de ce siècle, le moine Hucbald (840 ?-930), de l'abbaye d'Elnon ou Saint-Amand, dans l'ancien diocèse de Tournay, écrivit un *De Harmonicâ institutione*, où il commenta un traité récent de Réginon, abbé de Prüm ; Étienne, évêque de Liége, fut son collaborateur en ce travail (4). Le savant moine belge fut appelé à Reims en 893 par l'archevêque Foulques, pour restaurer l'éclat de l'école cathédrale : aidé de Remi d'Auxerre — avec

(1) Cette Géographie fut publiée en 1807 par Walckenaer et savamment commentée en 1814 par Letronne.

(2) Au sujet de ce Ducant *pontifex Hibernensis*, voy. l'*Hist. litt. de la Fr.*, t. VI (1742), et mieux E. Narducci, Bull. Boncompagni, t. XV (1882), pp. 553-558 ; le terme *pontifex* désignait, en ces temps-là, un archevêque, un évêque et même un simple chapelain royal (*Glossarium* de Du Cange). — Sur les commentaires du *De Nuptiis* de Capella par Duncant et surtout par Scot Érigène, par Remi d'Auxerre et par Alexandre Neckam (1157-1217), voy. le mémoire cité de E. Narducci, pp. 505-580.

(3) Cf. H. Pirenne, *Sédulius de Liége* (Mém. couronnés de l'Acad. de Belg.), 1882.

(4) Étienne avait fréquenté sous Charles le Chauve, son parent, l'école palatine et avait eu pour maître Mannon, le successeur de Scot Érigène (*Hist. litt. de la France*, t. VI). — Voy. les œuvres de Réginon et de Hucbald dans Migne, P. L., t. 132. Le manuel complet et élémentaire *Musicæ enchirias*, dû à un anonyme contemporain de Hucbald et composé suivant les principes des Grecs, avec une exposition d'une notation nouvelle, a été mis aussi sous le nom de Hucbald par le bénédictin Martin Gerbert, premier éditeur de ses écrits sur la musique (*Scriptores eccles. de musicâ sacrâ*, t. I, 1784), mais à tort, semble-t-il : voy. E. Reusens, Biogr. nation. (art. *Hucbald*), qui réfute l'opinion de Gerbert, adoptée par Fétis. Cf. la dissertation *De schalâ Elnonensi Sancti Amandi a sæc. XII. ad XII usque* de l'abbé J. Desilve, Louvain, 1890.

qui il avait suivi à l'école abbatiale d'Auxerre les leçons d'Heiric, le disciple d'Hélié le Scot — Hucbald prépara, au prix de sept années de labeurs, l'école épiscopale rémoise à devenir une pépinière d'hommes instruits, féconde pendant tout le xe siècle. Cette école devait recevoir une illustration plus grande encore par l'enseignement de l'écolâtre Gerbert (972 à 982), le futur Sylvestre II, et, trois quarts de siècle après Gerbert, de l'écolâtre Bruno, de Cologne, qui eut pour disciple le futur pape Urbain II et devint le fondateur de l'ordre des Chartreux (1).

Aux xe et xie siècles, l'histoire des sciences exactes chez les Belges devient moins inféconde en noms échappés à l'oubli des temps et en écrits parvenus jusqu'à nous (2). Certes, ces noms, dont plusieurs ont déjà été signalés au lecteur dans les pages précédentes, ne sont pas ceux de savants illustres. Il faut être complaisant pour attribuer le titre de mathématicien à des écrivains comme Hériger, Adelbold, Rodolphe de Liége, Francon. Ils ne faisaient des Mathématiques ni l'occupation principale de leur vie ni l'objet de leur étude de prédilection, et leur science tâtonnante eût fait sourire les contemporains d'Euclide. Cependant ces écolâtres, c'est-à-dire ces hommes voués à la direction des écoles épiscopales et des écoles collégiales et monastiques, étaient incontestablement des esprits intelligents et d'une instruction littéraire sérieuse. Comme Gerbert à Reims et Fulbert à Chartres, ils avaient embrassé l'ensemble des sept arts libéraux et parcouru le champ, alors peu vaste, de chacune de ces sciences, avides de toute lumière qui pouvait aider à l'intelli-

(1) Fondé par l'ancien écolâtre de Reims, l'Ordre des Chartreux rendit des services aux lettres, tant profanes que sacrées (*Hist. litt. de la France*, tt. 7 et 9), notamment par la transcription des manuscrits, qui jusqu'à l'apparition de l'imprimerie resta une des occupations de prédilection de ces anachorètes : c'était, d'ailleurs, un point précis de leur règle et un désir de leur fondateur. La bibliothèque de la Chartreuse était considérée par les moines comme leur trésor principal. — Dans un incendie qui ravagea le monastère en 1371, on entendit, dès le premier signal du feu, la voix de l'abbé, Dom Guillaume de Raynald, qui donnait pour tout ordre à ses moines : *Ad libros, fratres, ad libros !* La bibliothèque fut sauvée, mais tout le reste périt (*Hist. brevis ord. Carth.*, dans Martène, *Ampl. Coll.*, t. VI, 1729, col. 204).

(2) A consulter, outre l'*Hist. litt. de la France* et la *Biographie nationale* publiée par l'Acad. roy. de Belg., le livre de Stallaert et Van der Haeghe, *De l'Instruction publique au Moyen Age du VIIe au XVIe siècle*, Bruxelles, 1854, l'ouvrage d'Ad. Quetelet, *Hist. des Sciences mathém. et phys. chez les Belges* (Bruxelles, 2 in-4°, 1864-1865) et l'excellente notice de C. Le Paige, *Notes pour servir à l'Hist. des Math. dans l'ancien Pays de Liége* (Bull. de l'Inst. archéol. liégeois, t. 21, 1888, pp. 457-557).

gence des textes sacrés et profanes, objets premiers de leurs études. Aussi leurs écrits sur les sciences exactes, à défaut d'une valeur scientifique réelle, ont pour nous une très grande portée documentaire : ils nous fournissent une mesure authentique et exacte des connaissances mathématiques auxquelles arrivait, à cette époque et en nos contrées, l'élite des esprits cultivés.

Les mathématiciens belges de cette période appartiennent pour la plupart à l'ancien Pays de Liége. C'est que le xe siècle, siècle de fer pour une grande portion de l'Occident, fut pour l'Allemagne, grâce à la dynastie des Ottons, un siècle d'or ; le jugement est de Leibniz ; et la Lotharingie, alors inféodée au royaume ottonien, put jouir de la quiétude que la forte épée des princes anglo-saxons assurait à leurs sujets (1). Le gouvernement de la Lotharingie avait été confié à Brunon, archevêque de Cologne (953-965), qui, enfant, avait puisé à l'école épiscopale d'Utrecht et sous des maîtres irlandais l'amour des lettres latines et grecques et des arts libéraux. Le sage prélat eut à cœur de faire placer au siège épiscopal de Liége des hommes de valeur. La cité mosane reçut de sa main les savants évêques Rathier (953-956), ancien moine de Lobbes, et Éracle le Saxon (959-971), ancien prévôt de Bonn, et ce fut lui encore qui, de bonne heure, signala à l'attention de l'empereur un jeune clerc souabe, le très actif et très instruit Notger, attaché à la chancellerie du prince. En 972, la juste faveur impériale conféra la crosse et la mitre liégeoises à ce Notger, qui devint « le second fondateur de la cité et le créateur de la principauté de Liége » (Kurth).

Inscrire l'évêque Éracle, si docte fût-il, parmi les astronomes ou les mathématiciens, serait vouloir faire flèche de tout bois. Cependant le vieil auteur des *Gesta* des évêques de Liége, Anselme, écolâtre, puis doyen du chapitre de Saint-Lambert, narre volontiers à l'honneur des connaissances scientifiques de l'évêque l'épisode de l'éclipse du 22 décembre 968. Le prélat avait dû accompagner Otton I dans une campagne en Italie, lorsque soudain une éclipse totale de soleil jeta l'épouvante dans les troupes impériales : en ces temps-là, nos populations étaient restées accessibles aux mêmes superstitieuses terreurs que leurs ancêtres. Éracle accourt dans les rangs en désordre des soldats, leur crie qu'il s'agit non de la fin du monde, mais d'un inoffensif

(1) G. Kurth, *Notger de Liége et la civilisation au Xe siècle*. 1905. — Cf. Sylv. Balau, *Les Sources de l'histoire de Liége au Moyen Age*. 1903.

événement naturel, et parvient à ramener et à rassurer ses Liégeois éperdus, qui fuyaient au travers des bagages et des chariots (1).

Notger, le successeur (972-1008) d'Éracle, a plus de droit que lui à arrêter notre attention. Peut-être est-il l'auteur d'un *Scholie,* récemment publié (2), sur un passage obscur de l'Arithmétique de Boèce : ce passage était la croix des arithméticiens de ce temps et avait exercé, après bien d'autres, les écolâtres Gerbert, à Reims, et Abbon, à Fleury. — Que ce maigre Scholie arithmétique soit ou non l'œuvre de Notger, le savant prélat a rendu aux lettres et aux sciences de bien autres et immenses services. En effet, sous son impulsion, l'œuvre scolaire d'Éracle reçut de merveilleux accroissements. Passionné pour l'instruction publique, Notger se plaisait à prendre sa part dans les travaux de ses écolâtres, enseignant volontiers dans leurs classes et collaborant de sa plume à leurs propres écrits. Liége devint un des plus brillants foyers littéraires de l'Occident (3). L'évêque Notger doit être regardé, aussi bien que l'archevêque Gerbert de Reims et l'évêque Fulbert de Chartres, ses amis, comme un des éducateurs de l'Europe, grâce à la pléiade de disciples qui, sur

(1) *Gesta episc. Leodiensium*, c. 24 (Migne, P. L., t. 139). La date et l'heure de l'éclipse sont données par les *Annales majores* de Saint-Gall : 968, XI Kal. Ianuar., luna 28, hora diei 3.

(2) Publié en 1899 par Bubnov, *Gerberti Op. math.*, pp. 297-299, avec une étude critique : Bubnov le croit de Notger. Voy. *ibid.*, pp. 31-35 et 299, les solutions meilleures par Gerbert et par Abbon de ce *locus invictus* de Boèce, qui est le ch. Ier du Livre II : il y est question des *numeri superparticulares*, ou nombres qui sont à d'autres dans des rapports tels que $^3/_2$, $^4/_3$, $^5/_4$, etc. ; cf. Boèce, *Arithm.*, I, 24.

Notger a eu parmi les moines de Saint-Gall plusieurs homonymes, notamment : — le B. Notger le Bègue, *Notkerus Balbulus* (mort en 912), écolâtre des moines, pendant que son ami Ratbert dirigeait la *schola exterior* ; il a composé des séquences (Pez, t. I, et Migne, P. L., t. 131), un *De Computo* (Bubnov, *op. cit.* p. CX) et d'après Pez (t. VI) un *De collectione et compositione fractorum numerorum* ; — Notger le Médecin, *Notkerus Physicus*, mort en 975 ; — et Notger à la Lèvre, *Notkerus Labeo*, mort en 1022. — Notger, l'évêque de Liége, n'a jamais été écolâtre, ni à Stavelot ni, semble-t-il, à Saint-Gall ; il paraît certain qu'il n'a point été moine.

(3) G. Kurth, *Notger de Liége*, voy. le chapitre XIV (L'Instruction publique) et la conclusion du livre.

Parmi les élèves remarquables sortis de l'école de Liége, citons Hubald, le premier maître en renom de l'école collégiale de Sainte-Geneviève « et par qui l'Église de Liége peut revendiquer une part dans l'illustration qui devait entourer la naissante université de Paris ». Il enseigna plus tard avec un égal succès à Prague.

les sièges épiscopaux et abbatiaux de tous les pays et dans les chaires les plus réputées de l'Europe, portèrent le renom des écoles de la ville et du pays de Liége.

Ami et conseiller de l'évêque Notger, le moine Hériger (930?-1007), écolâtre et abbé de Lobbes, est une des plus attrayantes figures de l'histoire littéraire de son époque. Le vieil historiographe belge était versé dans la Musique et dans les Mathématiques. Il fut l'un des principaux abacistes du Moyen Age : ce titre d'abaciste, observait déjà un chroniqueur du XIIIe siècle (1), est tombé en grande mésestime ; mais quel contemporain d'Hériger, dans l'Europe chrétienne, eût soupçonné les rapides méthodes de calcul de l'algorisme, qui devaient plus tard faire mépriser les lentes et pénibles manipulations de l'Abaque ? Dans notre chapitre sur l'Abaque, nous avons suffisamment parlé de l'opuscule d'Hériger *Regulæ numerorum super Abacum*, qui eut longtemps l'honneur d'être attribué à un autre et plus illustre écolâtre, Gerbert (2). Hériger ne fut, nous l'avons dit, ni le disciple ni le copiste ou le commentateur de Gerbert, et il ne paraît point avoir subi l'influence scientifique de son collègue de Reims. — Citons encore du célèbre abbé de Lobbes une longue lettre *Ad quemdam Hugonem monachum* (Migne, P. L.,

(1) Le cistercien Albéric de l'abbaye de Troisfontaines, en Champagne, écrivant entre 1232 et 1242 sa *Chronique*, qu'interpola (1242) le chanoine Maurice du monastère de Neufmoustier, à Huy, cite les *Regulæ* numerorum composées « par Hériger pour l'abaque de Gerbert » — on croyait alors Gerbert l'inventeur de l'abaque — et ajoute : In multis namque studebant antiqui, quæ hodie habentur derisui. Cf. M. G. H., *Script.*, t. 23, p. 775, et Le Paige, *op. cit.*, p. 461.

(2) REVUE DES QUEST. SCIENTIF., avril 1908, p. 568. — Bubnov a donné une édition critique des *Regulæ* d'Hériger dans *Gerberti Op. math.*, pp. 205-225. L'opuscule d'Hériger contient deux parties : les règles pour multiplications et les règles pour divisions ; la seconde partie est munie, dans certain manuscrit, du titre *Item alia regulæ Herigeri*. Des abacistes anonymes ont fait deux extraits de ces *Regulæ*, limités à quelques énoncés ; l'un, en une ou deux pages, est intitulé *Ratio numerorum abaci secundum Herigerum ;* l'autre, plus court encore et sans titre, a été intitulé par Bubnov *Excerpta*. — Par une erreur excusable, S. Balau, *op. cit.*, p. 142, fait des deux parties de l'opuscule et de ces deux extraits, *quatre* ouvrages d'Hériger bien distincts, attribués à l'écolâtre de Reims.

Un autre ouvrage d'Hériger, les *Dicta de Corpore et Sanguine Dni*, que plusieurs, à la suite de Pez (1721), ont également mis sous le nom de Gerbert, a été l'objet d'un récent travail de Dom G. Morin, *Les DICTA d'Hériger sur l'Eucharistie* (REVUE BÉNÉDICTINE, 1908, pp. 1-18) ; le savant bénédictin confirme la thèse de Mabillon, thèse qui restitue au moine de Lobbes l'important écrit théologique.

t. 139). Écrite, ou plutôt dictée, par Hériger en sa vieillesse — infirmitate interpellante et oculorum acie jam caligante, dit-il, — elle constitue un petit traité sur l'année et le jour de la passion du Sauveur : l'auteur s'y montre chronologiste érudit, et termine sa discussion du Comput de Denys en proposant sur les légendes hagiographiques des difficultés qui témoignent d'un consciencieux esprit de critique historique.

Parmi les plus brillants disciples belges d'Hériger figurent Wazon et Olbert, deux amis d'enfance, qui devinrent l'un évêque de Liége (1042-1048), l'autre abbé de Gembloux.

Wazon (980-1048), au sortir de l'école de Lobbes, entra au service de la chapelle et de l'école épiscopale de Notger de Liége. Il exerça d'abord de modestes fonctions — *librorum abaciique gerulus*, rapporte Anselme, qui fut comme lui chanoine et écolâtre de Saint-Lambert (1) — mais bientôt l'évêque le mit à la tête de l'école cathédrale. Ce fut sous sa direction que les écoles liégeoises atteignirent leur apogée, rivalisant d'éclat avec l'enseignement de Saint-Germain-des-Prés, de Chartres et de Reims. A ses connaissances d'abaciste, Wazon joignait le goût de la Géométrie : au témoignage de Francon, l'un de ses successeurs dans l'écolâtrage de Saint-Lambert, il consacra des recherches à la quadrature du cercle (2) ; mais son écrit sur ce sujet ne nous est point parvenu.

Le condisciple de Wazon, Olbert, moine de l'abbaye de Lobbes, avait puisé aux leçons d'Hériger le goût des sept sciences libérales — *de septiformi sapore artium bibit,* dit son disciple et biographe Sigebert — et il avait continué « d'étancher sa soif des sciences » à Saint-Germain, à Troyes et à Chartres. Devenu abbé de Gembloux (1012-1048), il fut le principal instaurateur des études en cette abbaye. L'école abbatiale, fréquentée par les laïcs comme par les clercs et les moines, jouit bientôt d'une grande renommée ; la bibliothèque claustrale dut à ses soins de s'accroître d'au moins cent volumes de science sacrée et de cinquante volumes de science profane, richesses considérables à cette époque (3). — En sa vieillesse, il forma à la discipline religieuse et aux études celui qui devait devenir, par ses écrits et

(1) *Gesta episc. Leod.*, n. 36. — S. Balau interprète ces mots d'Anselme en disant que Wazon fut tout d'abord bibliothécaire de l'école de Notger.

(2) Hanc rem [quadraturam circuli] Adelbold, hanc maximus doctor Wazo, hanc ipse studiorum reparator Gerbertus, multique alii studiosé investigarunt (*De Quadratura circuli*. Liv. I).

(3) Sigebert, *Gesta abbat. Gemblac.*, nn. 26-46.

par son enseignement, le plus illustre moine de Gembloux, Sigebert (1030?-1112), l'auteur de la *Chronique universelle*. Le célèbre chroniqueur manifeste souvent son estime des sciences mathématiques, et a écrit lui-même un traité sur le comput, *De cyclo novemdecennali* ; cet opuscule de Sigebert n'est point arrivé jusqu'à nous.

On voit, par l'exemple de Lobbes, que l'application aux études scientifiques n'était point le fait des seules écoles des villes épiscopales.

Avec un moindre éclat que l'abbaye de Lobbes — qui dès le règne de Charlemagne, sous l'abbé Anson (776-800), avait eu une école littéraire remarquable et qui au xe siècle notamment, sous les abbés Folcuin (965-990) et Hériger (990-1007), avait brillamment tenu le sceptre des études en notre pays — les abbayes de Stavelot, de Saint-Trond, de Saint-Hubert, de Brogne (Saint-Gérard), de Gembloux, pour ne citer que les plus connues, possédaient elles aussi des écoles florissantes. Souvent, à l'exemple de ce qui se passait dès le ixe siècle aux écoles abbatiales de Saint-Gall et de Reichenau et au temps de Notger à l'école cathédrale de Liége, l'école monastique était double et comprenait sous des écolâtres distincts la *schola interior*, réservée aux moines, et la *schola exterior*, ouverte aux disciples du dehors ; on le constate à Saint-Hubert vers 1055.

Chaque monastère avait sa bibliothèque, ou *armarium* ; car, disait un moine du xiie siècle, « un monastère sans bibliothèque, c'est un château-fort sans arsenal » (1). S'enrichissant d'année en année par le constant labeur des moines copistes, ou *librarii*, ces bibliothèques restaient cependant pauvrement munies en matière de Mathématiques. Dans les *armaria* belges du xie siècle et du commencement du xiie, jamais ne manquent le *De Nuptiis* de Martianus Capella, les *Institutiones* de Cassiodore, les *Etymologiæ* d'Isidore de Séville. En ces vastes et antiques recueils de Martianus, de Cassiodore et d'Isidore, les sciences quadriviales — l'Arithmétique, la Géométrie, l'Astronomie, la Musique, —

(1) Claustrum sine armario, quasi castrum sine armamentario (Lettre de Gaudfrid, chanoine régulier de Sainte-Barbe à un moine de Beaugency en Touraine, dans Martène, *Thes. nov. anecd.*, t. I, 1717, col. 511). Ce mot a été attribué par Montalembert à saint Bernard de Clairvaux, *Moines d'Occ.*, t. VI, par une confusion avec un homonyme, l'évêque d'Hildesheim, qui émet une parole analogue. — Voy. la série d'articles *Des bibliothèques du Moyen Age* par le P. Cahier, S. J., sous le pseudonyme Achéry, dans les ANNALES DE PHILOS. CHRÉT. de Bonnetty, 1838 et 1839.

sont très honorablement louées, mais très maigrement et très médiocrement exposées, et si à côté de ces encyclopédies doctrinales on voit figurer des écrits spéciaux consacrés aux sciences exactes, ils sont si peu nombreux qu'il est facile de les énumérer (1). Ce sont habituellement l'*Arithmétique* et la *Musique* de Boèce ; des écrits d'Alcuin ; l'un ou l'autre traité sur les fractions, *De Minutiis* (2) ; des règles *Super abacum*, telles que celles d'Hériger ; peut-être la compilation d'écrits géométriques, en cinq livres, arrangée par des copistes du IXe siècle sous le titre de *Geometricum* et mise sous le nom de Boèce ; des traités astronomiques du calendrier, soit le *De Temporum ratione* de Bède, avec son chapitre sur le calcul digital, soit le *De Computo* de Raban Maur, le disciple d'Alcuin à Tours, soit, comme à Stavelot, à Brogne et à Elnon, le *De Computo* de l'écolâtre Helpéric. Ce moine Helpéric, de l'abbaye de Grandfel en Haute-Alsace, avait vers 980, à l'occasion d'un séjour en France, dédié à un prélat de Saint-Germain son *De Computo*, qui se répandit bientôt jusqu'en nos contrées. Les sciences exactes étaient représentées encore, d'ordinaire, par l'*Astronomicon poeticum*, attribué à C. Julius Hyginus, le littérateur romain, bien distinct des deux agrimenseurs de ce nom, et par le Commentaire de Macrobe sur le *Songe de Scipion*. Dans ce commentaire de l'admirable épisode du Livre VIe de *La République* de Cicéron, le philosophe païen, contemporain de saint Augustin et, semble-t-il, Africain

(1) Voy. le catalogue de la bibliothèque de Lobbes, dressé en 1049, publié par H. Omont, Rev. des Bibliothèques, I, 1891 ; — le catalogue de Stavelot, rédigé en 1105, publié par le professeur J.-J. Thonissen, Bull. Acad. roy. de Belg., 1867, I, et Rev. Cath. de Louvain, 1867 (cf. les *Mélanges* de Thonissen, 1873) ; — le catalogue des *libri scholarium* de Brogne, écrit au début du XIIe siècle, conservé au Séminaire de Namur et publié par le chanoine Wilmet, Ann. de la Soc. arch. de Namur, IX, 1865-66 ; — les deux catalogues du XIIe siècle de l'abbaye de Saint-Laurent à Liége, publiés par Nolte, Le Bibliophile Belge, IV, 1869 et rectifiés par S. Balau, *op. cit.*, pp. 352-354 ; — enfin dans la dissertation précitée *De schola Elnonensi S. Amandi* (pp. 150-178) de J. Desilve, Louvain, 1890, les deux catalogues des *armaria* de l'abbaye d'Elnon, ou Saint-Amand, dressé l'un vers 1130 (livres des *scholares*), l'autre peu après 1150 (catalogue général) : après avoir brillé par l'éclat de leur enseignement, les moines d'Elnon, à partir du XIe siècle, se consacrèrent principalement à la transcription des manuscrits.

Toutes les abbayes que l'on vient de citer, sont bénédictines. Sur les services rendus aux Mathématiques par l'Ordre de saint Benoît, voyez *Hist. rei litterariæ O. S. B.* de Ziegelbauer, Augsbourg, 1754 : t. II, pp. 324-335 et t. IV, pp. 304-318.

(2) Ce mot *minutiæ*, ou *minuta*, nous est resté en français pour désigner la fraction sexagésimale de l'heure : la minute.

comme lui, expose les théories de la science antique sur l'Astronomie et sur la Physique céleste. Ce mélange de rêveries néo-platoniciennes, de spéculations sur les propriétés mystiques des nombres et d'érudition, plaisait fort aux arithméticiens et aux philosophes du Moyen Age.

(A suivre.) B. Lefebvre, S. J.

II

CORRECTIONS FAITES

DANS

L'ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES

Après avoir attendu pendant dix ans, la Commission de l'Annuaire du Bureau des Longitudes s'est enfin décidée à mettre en concordance la formule qui donne la variation de pesanteur à l'intérieur de la terre avec la loi hypothétique de variation de densité. Jusqu'à l'année 1899, cette loi, proposée par E. Roche, était présentée sous la forme

$$\delta = 10{,}6\left(1 - \frac{4}{5}d^2\right). \tag{1}$$

Les coefficients avaient été déterminés d'après les calculs relatifs à la précession des équinoxes.

La formule de variation de la pesanteur interne, qui découle de la loi de variation de densité, s'écrivait alors

$$g' = 1{,}92\, gd\left(1 - \frac{12}{25}d^2\right). \tag{2}$$

Ces données numériques s'accordaient assez bien avec l'expérience faite au fond des mines de Harton, où Airy avait constaté que le pendule battait, en 24 heures, deux oscillations de plus qu'à la surface. Toutefois, la densité des couches superficielles, 2, 12, résultant de la loi hypothétique (1), est manifestement trop faible : à partir de la faible profondeur marquée par le fond des Océans, cette densité est certainement supérieure à 2,5. En outre, le coefficient de variation trouvé voisin de $\frac{4}{5}$ par E. Roche,

alors qu'il croyait l'aplatissement de la terre inférieur ou égal à $\frac{1}{297}$, ne cadre pas avec l'aplatissement plus grand, $\frac{1}{292}$ ou $\frac{1}{293}$, admis aujourd'hui. Tisserand avait déjà montré en 1884 (Comptes rendus, 2me semestre, p. 577) que ce chiffre $\frac{4}{5}$, ou 0,8, était trop élevé ; il avait trouvé des nombres compris entre 0,758 et 0,777. Des considérations relatives aux variations de la pesanteur à la surface font voir que le coefficient est inférieur à 0,766. Aussi, grâce à l'intervention de Comm, à partir de 1899, la fraction $\frac{4}{5}$ a-t-elle été remplacée par la fraction $\frac{3}{4}$ qui répond beaucoup mieux à toutes les observations concernant la densité des roches terrestres, l'aplatissement et la variation de la pesanteur à la surface du globe. Mais comme ce nouveau chiffre ne paraissait pas rendre compte de la valeur de la précession — remarque déjà faite par Tisserand — la Commission a cru devoir signaler cette anomalie. En outre, elle a négligé de modifier les coefficients de la formule (2), qui dérivent eux-mêmes de ceux de la loi hypothétique de variation de densité.

Une première démarche tentée auprès d'un membre influent de la Commission, en vue de rectifier cette erreur, est restée sans résultat. Au commencement de l'année 1903, Callandreau, saisi de la question, donnait l'assurance que l'accord entre les deux formules serait rétabli et que la restriction relative à la prétendue anomalie de la précession serait supprimée.

Cette restriction était appuyée sur ce fait que le rapport $\frac{C - A}{C}$ des moments d'inertie du globe terrestre, déduit de la théorie de la précession, était inférieur à celui qui résultait de la loi hypothétique de variation de densité. Or, la théorie tétraèdrique, aujourd'hui introduite officiellement dans l'Annuaire, par M. Charles Lallemand, a résolu la difficulté.

La figure de la terre se rapproche de celle d'un tétraèdre en partie recouvert par l'eau des Océans. Le moment d'inertie, par rapport à un axe quelconque, peut se décomposer en deux : celui d'un sphéroïde ayant pour densité celle de l'eau, et celui d'une masse tétraédrique de densité beaucoup plus grande, de manière à atteindre la moyenne 5,5 adoptée pour l'ensemble des matériaux du globe terrestre. Si le tétraèdre était régulier, rien ne serait changé au rapport des moments d'inertie ; ce rapport serait le même que si toute la partie solide du globe était sphé-

roïdale, comme le reste des Océans. Mais il suffit de jeter les yeux sur une carte pour voir que la base septentrionale, dont les trois sommets correspondent sensiblement au massif des Alpes, aux plateaux de l'Himalaya et aux Montagnes Rocheuses, est plus petite que les trois autres. L'écorce terrestre, plus lourde que l'eau des Océans, est donc refoulée dans la direction de l'axe polaire, et le moment d'inertie autour de cet axe, qui intervient effectivement dans la théorie de la précession, est plus petit que le moment théorique calculé dans l'hypothèse que la terre est un sphéroïde composé de couches régulières. Ainsi s'explique la contradiction signalée autrefois, et Callandreau avait parfaitement reconnu la justesse de ces observations. La mort est venue le surprendre malheureusement avant qu'il ait pu leur donner suite.

Notre regretté confrère A. de Lapparent promit alors d'intervenir pour faire corriger ces erreurs et rétablir la vérité : la mort vint l'enlever à son tour.

Le physicien Cornu, par l'intermédiaire duquel avait été faite la modification de 1899, était lui-même décédé en 1902.

C'était vraiment décourageant.

Nous avions donc pris le parti de voir la formule erronée, comme la légendaire sentinelle placée auprès du banc fraîchement peint, renouvelée indéfiniment. Nous sommes heureux de trouver enfin dans l'ANNUAIRE de 1909 la rectification demandée depuis si longtemps. La Commission en a profité pour corriger également le diamètre du Soleil reproduit aux *Principaux éléments du système solaire*, conformément à la valeur déjà adoptée pour le même élément dans le chapitre consacré au Soleil, valeur qui résulte de la parallaxe 8″,80.

Vte DU LIGONDÈS.

BIBLIOGRAPHIE

I

Exercices et Leçons d'Analyse, par R. d'Adhémar. *Quadratures. Équations différentielles. Équations intégrales de M. Fredholm et de M. Volterra. Équations aux dérivées partielles du second ordre.* Un vol. in-8° de VIII-208 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1908.

Soucieux de l'intérêt des étudiants, M. d'Adhémar leur offre un ouvrage d'un genre nouveau et qui sera certainement bien accueilli. Voici, en effet, avec une ample collection d'exercices sur les théories classiques de l'analyse, une véritable introduction à l'une des questions les plus vastes et les plus attrayantes qui sollicitent en ce moment les efforts des géomètres. De là le double caractère du livre : élémentaire dans les *exercices* et tout d'actualité dans les *leçons*.

Le livre débute par une introduction où sont exprimés avec clarté et précision les théorèmes et les formules principales qu'il faut connaître pour résoudre les exercices. Courbes et surfaces ; intégrales et séries ; variables complexes ; existence des solutions des équations différentielles : c'est en vingt pages la récapitulation d'un cours de calcul différentiel et intégral.

Les exercices absorbent la première moitié ou les cent premières pages du livre et sont divisés en trois chapitres :

Le chapitre I se recommande tout particulièrement par les applications élégantes des théorèmes de Cauchy qu'il propose comme problèmes de quadratures sur les variables complexes. La manière de varier les contours d'intégration suivant la nature des fonctions et de leurs points singuliers est particulièrement propre à éveiller l'intérêt des étudiants et à leur faire entrevoir la puissance merveilleuse de l'instrument imaginé par Cauchy. Nous n'avions guère jusqu'à présent que les exercices de Tisse-

rand-Painlevé sur cette question, on saura un gré tout particulier à l'auteur de nous en offrir une nouvelle série.

Le chapitre II contient des applications de la théorie des résidus, le développement de cot x en série d'éléments simples; enfin de nombreux problèmes sur les équations différentielles et les applications géométriques, posés la plupart à l'examen pour le certificat de calcul différentiel et intégral.

Le chapitre III s'ouvre par une démonstration aussi simple qu'élégante, due à Stieltjes, de la formule d'Olinde Rodrigues qui exprime les polynomes X_n de Legendre. Viennent ensuite des démonstrations, toujours heureusement choisies, et inspirées des cours de Picard, Hermite, etc., se rapportant aux fonctions de Bessel, aux fonctions Bêta et Gamma et à la fonction Zêta de Riemann.

Nous arrivons maintenant à la partie la plus originale et la plus intéressante du livre, où l'auteur, ainsi qu'il le dit lui-même, « esquisse le contour de quelques leçons sur des sujets dont l'étude est récente ». Ces leçons se réfèrent toutes plus ou moins directement à la théorie des équations aux dérivées partielles du second ordre. Les dimensions restreintes d'un compte rendu ne nous permettent d'en faire ici qu'une analyse très incomplète.

Les équations du second ordre se classent, d'après la nature de leurs caractéristiques, en types elliptiques, hyperboliques et paraboliques.

On se rappelle que nous avons analysé ici même (juillet 1907) un excellent traité que M. d'Adhémar a fait paraître il y a deux ans *Sur les équations aux dérivées partielles à caractéristiques réelles* (Collection « Scientia »). Mais M. d'Adhémar s'était alors attaché plus particulièrement aux équations du type hyperbolique, théorie à laquelle il avait d'ailleurs apporté lui-même une contribution importante. Dans l'ouvrage actuel, il résume tous ces anciens résultats ; il les complète aussi. Nous avons particulièrement à signaler les recherches de M. Holmgren et de nouvelles applications de la théorie des approximations successives de M. Picard, dont l'auteur a très heureusement pu mettre les leçons à profit.

C'est aussi avec grand plaisir que nous voyons l'auteur étendre le champ de ses leçons aux équations du type elliptique, dont on sait que M. Fredholm a complètement renouvelé la théorie. L'équation de Laplace est la plus importante des équations du type elliptique (ou à caractéristiques imaginaires) et l'un des problèmes les plus importants de la physique mathématique, le

problème de Dirichlet, consiste à déterminer l'intégrale de cette équation par ses valeurs données sur un contour fermé. On sait les belles solutions que MM. Schwarz et Poincaré ont données autrefois à cette question et que l'admirable traité d'analyse de M. Picard a rendues classiques. Cependant ces solutions n'étaient pas définitives. M. Fredholm est arrivé à une solution plus complète, plus intéressante en elle-même au point de vue de l'analyse pure, et cela, chose extrêmement remarquable, en revenant à la théorie physique elle-même d'où le problème de Dirichlet était sorti, c'est-à-dire à la théorie du potentiel.

Le chapitre IV du livre de M. d'Adhémar débute donc par une introduction, qui contient les principales formules (quelques-unes récentes) de la théorie du potentiel de simple et de double couche.

Le problème de Dirichlet se résout à l'aide d'un potentiel de double couche, celui de Neumann à l'aide d'un potentiel de simple couche. La détermination de ces couches dépend de la célèbre *équation intégrale* à laquelle Fredholm a attaché son nom :

$$\varphi(x) + \int_0^1 f(x, s)\,\varphi(s)\,ds = \psi(x);$$

f et ψ étant connus, il faut déterminer $\varphi(s)$. Cette équation a été l'objet dans ces derniers temps de travaux considérables et de toute première valeur. M. d'Adhémar y consacre un chapitre entier.

Le chapitre V traite les équations des types hyperboliques et paraboliques. J'ai déjà parlé du type hyperbolique, je n'ajouterai qu'un mot sur le type parabolique dont la théorie est beaucoup moins avancée. Il semble encore que les équations intégrales doivent y jouer un rôle considérable. C'est ce qui détermine l'auteur à traiter deux équations intégrales importantes, celle d'Abel et celle de Volterra. Cette dernière, très voisine de celle de Fredholm écrite ci-dessus, s'en déduit en intégrant de 0 à s au lieu de 0 à 1.

Un dernier chapitre renferme encore les énoncés (sans solution) d'une cinquantaine de problèmes bien choisis et généralement élémentaires. Enfin une *Note bibliographique* termine l'ouvrage et complète les renseignements bibliographiques déjà nombreux donnés au cours de texte.

Mon but sera atteint, dit l'auteur, si j'ai amené quelques jeunes étudiants à réfléchir sur quelque haute question et si j'ai réussi

à montrer des faits intéressants, à aiguiser la curiosité de quelque lecteur. Les faits intéressants, les rapprochements suggestifs, les remarques faites à propos sur quelque point de grande importance doctrinale, tout cela abonde dans l'ouvrage de M. d'Adhémar et les étudiants qui le prendront pour guide en peuvent assurément tirer grand profit.

C. DE LA VALLÉE POUSSIN.

II

Études nouvelles sur l'Astronomie, par CH. ANDRÉ et P. PUISEUX. — LA TERRE ET LA LUNE, *forme extérieure et structure interne*, par P. PUISEUX, astronome de l'Observatoire de Paris. Gr. in-8° de 176 pp. avec 51 figures et photographies lunaires et deux planches géographiques. — Paris, Gauthier-Villars, 1908.

« Éclairer par l'étude de la Terre celle des autres corps célestes », telle est l'œuvre que se proposent de mener à bien MM. Ch. André et P. Puiseux sous le titre général qui figure en tête des intitulés ci-dessus.

Le premier volume de ces *Études* a, comme on le voit, la Terre et la Lune pour objet, et M. P. Puiseux pour auteur. Sa division en deux parties est indiquée par son titre particulier.

I. *La Terre.* — Dans la première, où l'auteur s'occupe exclusivement du globe que nous habitons, on peut relever deux divisions, bien qu'elles ne soient pas désignées sous des rubriques, l'une historique et qui se renferme dans les trois premiers chapitres, l'autre plutôt descriptive, qui comprend les chapitres IV à VII.

L'aperçu historique part de Thalès de Milet qui, le premier, aurait enseigné la sphéricité de la Terre et son isolement dans l'espace. Sans nommer l'École pythagoricienne qui cependant considérait, elle aussi, la Terre comme sphérique, l'auteur mentionne Platon, Aristote et notamment Eratosthène qui, heureusement servi par le hasard, obtint pour la longueur de la circonférence de la Terre, supposée sphérique, un résultat trop fort, mais voisin de la réalité. Il avait constaté que le Soleil passe au zénith de Syène, ville de la Haute Égypte, le jour du solstice d'été. Il mesura le même jour, à Alexandrie, située au nord de Syène, la hauteur méridienne du soleil : le complément de cette hauteur lui donna $\frac{1}{50}$ de la circonférence, pour la différence des latitudes

des deux stations, supposées sur le même méridien, ce qui était à peu près exact. Empruntant alors vraisemblablement aux plans cadastraux dressés pour les besoins de l'administration et de l'agriculture, le nombre de 5000 stades pour la distance d'Alexandrie à Syène, il en déduit 250 000 stades, ou 4 millions et demi de mètres pour la circonférence entière.

Hipparque, que notre auteur considère comme « le plus grand astronome de l'antiquité », insista sur la nécessité, que méconnurent ses disciples immédiats, de combiner les observations de longitude avec les mesures de latitude. Posidonius, répétant sur une étoile l'observation d'Ératosthène, trouva, d'après Cléomène, 240 000 stades. Strabon, voulant corriger le calcul de Cléomène, arriva à un résultat plus inexact encore : 180 000 stades. Enfin, Ptolémée, — qu'il est permis, soit dit en passant, d'estimer, sinon comme le plus distingué, tout au moins comme l'un des plus distingués représentants de l'Astronomie ancienne, encore que notre auteur ne juge pas ses titres « bien établis » — Ptolémée exécuta, autant que les connaissances de son temps pouvaient le permettre, le plan de géographie mathématique tracé par Hipparque, en s'appuyant, pour dresser la carte du monde connu, sur toutes les déterminations de latitude et de longitude qu'il put rassembler, et en prenant le méridien d'Alexandrie pour méridien origine.

M. Puiseux croit devoir signaler ici que certains Pères de l'Église ont considéré « la notion des antipodes comme une mauvaise plaisanterie ». Il y a beau temps que cette vieille objection est résolue. Le mot « antipodes » chez ces écrivains, ne signifie pas les *régions* opposées aux nôtres, mais les *habitants* de ces régions. Or, à l'époque où les Pères incriminés traitaient la question des *habitants antipodes*, on admettait comme absolument certain qu'il n'y avait jamais eu, entre eux et les habitants de nos régions, aucune communication possible. En niant — dans ces conditions — l'existence des *hommes antipodes*, ce n'était pas la *sphéricité de la Terre* qu'ils mettaient en cause ; c'était l'unité d'origine de la race humaine qu'ils défendaient. Les lecteurs de la Revue trouveront, dans l'article de Ph. Gilbert, *Le Pape Zacharie et les antipodes*, t. XII, octobre 1882, p. 478, une étude magistrale sur cette question de géographie patristique.

Plusieurs siècles s'écoulèrent avant que l'on songeât à poursuivre les essais de Ptolémée. C'est au IXe que les Arabes, sous l'impulsion du calife de Bagdad, Al-Mamoun, reprirent ces

recherches, mais sans arriver à un résultat satisfaisant. L'Occident ne suivit que de très loin ce mouvement ; six siècles passèrent encore, et Christophe Colomb, convaincu de la sphéricité de la Terre, entreprit, on sait à travers quelles difficultés et quels déboires, sa fameuse expédition qui lui fit découvrir ce que l'on prit d'abord pour « les Grandes Indes », c'est-à-dire l'Amérique.

Qu'une telle confusion ait pu être faite entre l'Inde véritable et le continent américain, cela montrait que la recherche des dimensions de la Terre, était à reprendre en entier. Diverses tentatives furent faites ; mais ce ne fut qu'au commencement du XVIIe siècle, que Snellius en Hollande, substituant la triangulation à la mesure directe des distances, posa le véritable principe des travaux géodésiques.

Un peu plus de cinquante ans après, Picard, sous les auspices de l'Académie des sciences récemment fondée, procéda à une triangulation entourée de garanties sérieuses, avec une base de 5663 toises mesurée près de Juvisy, tandis que Richer opérait à Cayenne et d'autres missions scientifiques au Sénégal et aux Antilles ; recommandation leur était faite de vérifier sur ces différents points l'intensité de la pesanteur. Il est intéressant de rappeler que ce sont des communications faites à l'Académie des sciences, en 1671 et 1672, par des savants français qui ont permis à Newton de soumettre son hypothèse de l'attraction universelle à une première vérification victorieuse.

Avec la publication du livre des *Principes*, s'ouvre l'ère des recherches théoriques et des expéditions scientifiques relatives à la détermination de la forme exacte du globe terrestre.

Maupertuis fut chargé par l'Académie des sciences d'une expédition en Laponie avec Clairaut, l'abbé Outhier et d'autres savants, tandis que Godin, Bouguer, La Condamine et des auxiliaires français et espagnols étaient chargés d'opérer au Pérou.

La mission Maupertuis mesura une base de 7406 toises, et ses calculs donnèrent 57 422 toises au degré ; la comparaison avec l'arc français portait l'aplatissement polaire à $\frac{1}{178}$. Bouguer, dans la région équatoriale, trouva 56 736 toises pour le degré, valeur qui, combinée avec celle du degré du nord, donne $\frac{1}{223}$ pour l'aplatissement.

En remplaçant par la suite les données de Maupertuis par celles d'une mission danoise qui, de 1801 à 1803, opéra sur le

même terrain sous la direction de Svanberg, on arrive au chiffre « plus vraisemblable » de $\frac{1}{324}$.

Si la proportion exacte n'était pas encore trouvée, le fait de l'aplatissement signalé par Newton ne pouvait plus être contesté, et l'opinion de Cassini qui, à l'encontre, avait prétendu à une forme allongée du sphéroïde, était définitivement abandonnée.

Les recherches mathématiques dont, jusque vers le milieu du XVIIIe siècle, le globe terrestre fut l'objet, avaient été faites comme si ce corps était homogène. Clairaut, dès 1743, s'engagea dans la voie beaucoup plus difficile de l'attraction d'un ellipsoïde hétérogène, admettant que sa densité va toujours croissant en s'approchant du centre. Il en déduisit cinq lois qu'il serait trop long de détailler ici, mais qui ont été d'une application féconde.

En résumé, la forme générale de la Terre est définie par la surface moyenne du niveau des mers, prolongée, par la pensée, à travers les continents. On lui donne le nom de *géoïde*. C'est à déterminer la forme de cette surface que les géodésiens se sont d'abord et pendant longtemps appliqués. Ils s'attachent aujourd'hui à l'étude de ses *irrégularités*, que révèlent les mesures de parallèles et les déviations locales du fil à plomb, en attendant qu'ils puissent aborder la recherche de ses *transformations* au cours du temps, conséquences des mouvements de l'écorce terrestre.

L'étude de la Terre au point de vue des grands traits du relief de sa surface et de son dessin géographique, des événements telluriques et orogéniques à l'aide desquels l'un et l'autre se sont formés, de sa structure interne éclairée par les multiples données de la mécanique céleste, de la physique, de l'astronomie et de la géologie, offre un intérêt sinon supérieur à celui des recherches et travaux géodésiques, du moins plus saillant et plus accessible à l'imagination.

L'opposition entre l'hémisphère océanique et l'hémisphère semi-continental, déterminés par un grand cercle qui aurait son pôle au centre de l'Europe, montre, dans le premier, une répartition par portions sensiblement égales de terres et de mers, dans le second $\frac{6}{8.5}$ de mers pour $\frac{1}{8.5}$ de terres. Considérés par rapport aux pôles boréal et austral, l'hémisphère nord nous montre les continents disposés en grandes masses autour de la mer arctique avec terminaisons ou pointes vers le sud ; l'hémisphère austral, où la mer prédomine, environne un continent polaire antarc-

tique vers lequel sont dirigées suivant des méridiens les pointes du Sud-américain, de l'Afrique méridionale et de la Tasmanie, prolongement de l'Australie.

Si, en outre de la superficie, l'on tient compte d'une part de la profondeur des mers dont la *moyenne* n'est pas inférieure à 4000 mètres, tandis que d'autre part la moyenne des altitudes supra-marines, autrement dit le relief *moyen* du sol émergé, ne dépasse pas 700 mètres, on voit que la quantité d'eau l'emporte en énorme proportion sur celle des terres s'élevant au-dessus du niveau de la surface géodésique.

Deux remarques importantes sont à noter ici.

Parallèlement à la zone équatoriale, il semble qu'une cassure se soit produite qui a laissé pour traces ce qu'on appelle « les fosses méditerranéennes », régions instables sujettes aux éruptions et aux tremblements de terre. La mer du Mexique et celle des Antilles, la Méditerranée, les chotts Sahariens, la Mer Noire, la Mer Morte, la dépression Aralo-Caspienne et celle du Turkestan chinois forment un enchaînement de bassins répondant à cette vue.

Si, d'autre part, on considère les centres des trois grandes masses continentales de l'hémisphère boréal (l'un A, au Canada entre la Baie d'Hudson et le Mont St-Elie, un autre, B, en Suède entre Stockholm et Christiania, le troisième C, à l'extrême Est de la Sibérie, au niveau de la mer d'Okhotsk) comme les sommets d'un tétraèdre régulier inscrit dans la sphère, le quatrième sommet de ce tétraèdre tomberait au pôle austral. Les parties voisines de ces sommets et les arêtes du tétraèdre correspondraient à des régions saillantes du sphéroïde, et les centres des faces aux points de plus grande dépression. Or, d'après M. Puiseux, reproduisant l'énoncé géométrique de Lowthian Green, « la terre, dans son ensemble, montrerait une tendance à se déformer à partir d'un ellipsoïde de révolution, pour se rapprocher de l'aspect extérieur d'un tétraèdre régulier » (1).

Cela posé, si sur un planisphère on trace, suivant le 58e parallèle environ, une droite (correspondant à un cercle) passant par

(1) Cette sorte d'assimilation du globe terrestre à un tétraèdre régulier, ainsi que les autres considérations qui s'y rattachent, avait déjà été présentée et discutée par le regretté Albert de Lapparent dès la première édition de son magistral *Traité de géologie* (1883). Il a justifié sa préférence du tétraèdre de Lowthian Green au dodécaèdre d'Elie de Beaumont. De plus, dans la séance du 5 mars 1900 de l'Académie des sciences, il a soutenu la conception primitive du savant anglais contre des modifications que proposait d'y introduire M. Marcel Bertrand (COMPTES RENDUS, t. CXXX).

les points A, B et C désignés ci-dessus, et que de chacun de ces points on fasse descendre un méridien, on voit que les deux continents américains, le continent africain et le groupe sud-asiatico-australien sont tous fortement déviés vers l'Est ; on explique cette disposition d'une manière analogue à celle des vents alizés ; aux temps où l'écorce terrestre était encore très mince et comme semi-fluide, le mouvement de rotation du globe combiné avec la force centrifuge aurait causé et la brisure parallèle à l'équateur signalée plus haut, et la déviation vers l'Est des pointes continentales. L'Australie, avec la Tasmanie et l'archipel indo-australien, était reliée à l'Asie par un large isthme englobant tout l'archipel et étendant le continent asiatique jusque par delà les îles du Japon et le Kamtchatka.

Les données géologiques viennent, à leur tour, fournir des éléments pour l'explication des phénomènes si variés du relief terrestre. La théorie des causes actuelles fort en vogue naguère, en Angleterre surtout, sous l'influence de Lyell, est ici renversée. Ce ne sont pas ces causes, « celles qui accumulent sous nos yeux les terrains stratifiés, qui ont pu créer le relief terrestre, établir des écarts de neuf à dix kilomètres dans le sens vertical entre la surface réelle et le géoïde. L'érosion ne rend pas compte de la figure actuelle des montagnes, moins encore de l'existence des fosses océaniques. » Ces formations, dues à l'action de l'air et de l'eau sur la surface, sont presque négligeables au point de vue de l'évolution d'un corps céleste. Ce sont les forces internes, dont l'action est souvent assoupie, qui sont prépondérantes dans le travail de leur structure.

L'auteur donne, de ces formations, d'après la dernière édition de l'*Abrégé de géologie* de M. de Lapparent, un résumé succinct avec figures à l'appui. Il examine aussi cette structure interne successivement d'après les données de la mécanique céleste et de la physique et suivant celles de l'astronomie et de la géologie. D'après les premières, il constate une divergence, quant à l'aplatissement polaire, entre les résultats obtenus par les mesures géodésiques et les observations faites à l'aide du pendule : selon ces dernières, M. Helmert arrive à $\frac{1}{299,26}$, au lieu du chiffre plus fort, $\frac{1}{293,5}$, obtenu par la géodésie.

Descartes est le premier qui ait considéré la Terre comme un astre éteint ayant passé par une période d'incandescence et conservant un feu central dans son intérieur ; et Lord Kelvin

estime qu'il a dû s'écouler depuis la solidification superficielle « 10 millions d'années au moins, 100 millions au plus ». Le premier chiffre paraît plus probable que le second, surtout si l'on considère « les épanchements de lave, les émissions gazeuses, les sources thermales », tous agents très actifs de déperdition de la chaleur interne.

Si, comme il est de toute vraisemblance, lors de l'état de fluidité première du globe terrestre, les éléments chimiques alors constitués se sont répartis, d'après les lois de la pesanteur, par ordre de densité, les plus denses étant les plus rapprochés du centre, il a fallu que cette fluidité persistât jusqu'à une époque relativement récente pour que le mélange des matériaux lourds et légers ait pu se maintenir jusque près de la surface.

L'étude de la surface de la Lune apportera des arguments importants à l'appui de la fluidité intérieure.

II. *La Lune.* — Les Anciens nous ont laissé peu de travaux scientifiques ayant la Lune pour objet. Aristarque de Samos cependant avait indiqué une méthode théoriquement admissible pour évaluer le rapport des distances de la Lune et du Soleil. Galilée est le premier qui ait examiné la Lune à l'aide d'une lunette astronomique ; il a pu calculer, d'ailleurs avec exagération, la hauteur des montagnes lunaires. Après lui, Langrenus et Helvétius ont donné des cartes fort remarquables, la première surtout, pour l'époque (1). Newton a dressé une théorie des librations ; mais ce fut Dominique Cassini qui en découvrit les lois exactes.

La topographie de la Lune a été poussée fort loin, au milieu du XIXe siècle, par le directeur de l'Observatoire d'Athènes, J. Schmidt. Mais c'est surtout depuis que la photographie a été appliquée à l'étude de notre satellite que sa topographie a fait des progrès considérables ; c'est au point qu'on a pu dire que le relief de la surface lunaire est en quelque sorte mieux connu que celui de la surface terrestre.

Quant à la genèse de la Lune, l'auteur en trouve une explication plausible dans la fameuse théorie de Laplace, mais en la prenant à rebours, c'est-à-dire en partant de l'état actuel, pour remonter aux états successifs antérieurs. Ce travail a été fait par M. G.-H. Darwin (qu'il ne faut pas confondre avec Charles Darwin, le père, après Lamark, des théories transformistes).

(1) Voir dans cette REVUE, 3e série, t. IV, juillet 1903, p. 108 : H. Bosmans, *La carte lunaire de Van Langren conservée aux archives générales du royaume*, avec une reproduction de cette carte.

Auparavant, si nous supposons la Lune, encore à l'état de liquide igné, tournant dans le sens direct autour de la Terre, et d'un mouvement giratoire plus rapide autour de son axe, l'attraction du corps terrestre provoque sur le corps lunaire la formation d'un bourrelet (effet de marée), dans la direction du premier, et cette même attraction tend à l'y retenir. De là, retard graduel dans le mouvement de rotation, en sorte que, à la longue, ce dernier finit par coïncider en durée avec le mouvement de révolution : l'effet de marée s'arrête alors, et le globe lunaire conserve une forme allongée dans la direction du globe terrestre. Ainsi se vérifie la première loi de Cassini (1).

En partant de l'état actuel, introduisant comme fonctions du temps les principaux éléments du système et remontant de 46 300 000 à 56 810 000 années, G.-H. Darwin arrive, par le calcul, à des réductions significatives de ces mêmes éléments, et que résume le tableau suivant :

	Au temps actuel	Il y a 46 300 000 ans	Il y a 56 600 000 ans	Il y a 56 800 000 ans	Il y a 56 810 000 ans
Jour sidéral (temps moyen)	23h 56m	15h 30	9h 55	7h 50	6h 45
Révolution sidérale de la Lune en jours (temps moyen)	27j32	18j2	8j17	3j59	1j58
Obliquité de l'écliptique	23°28'	20°40'	17°20'	15°30'	14°25'
Distance de la Terre à la Lune en rayons terrestres	60.4	46.8	27.0	15.6	9.0
Chaleur engendrée degrés Fareinheit	0°	225°	700°	1300°	1700°

On saisirait mieux la signification de ce tableau en le lisant de bas en haut et de droite à gauche ; on verrait par là comment les éléments du système telluri-lunaire se sont modifiés progressivement par la suite des millions d'années pour arriver à l'état actuel. Mais d'autre part, en prolongeant ce tableau sur la droite, on arriverait, dit M. Puiseux, « à l'époque où la Terre et la Lune étaient confondues ensemble ». Il y suffirait d'un petit nombre de millions d'années de plus, bien que le calcul ne puisse plus servir de guide dans le détail quand on approche de cette limite. Cependant la loi des aires montrerait que, au moment où, sous

(1) « La Lune tourne autour d'un axe dont les pôles sont fixes à sa surface ; ce mouvement est uniforme, et sa période est égale à une révolution sidérale de la Lune. » *La Terre et la Lune*, p. 89.

l'influence des marées, provoquées par l'attraction solaire, le corps lunaire s'est séparé du globe terrestre, le mois et le jour étaient confondus en une valeur commune, laquelle était réduite à cinq heures et demie (exactement $5^h\ 36^m$) (1).

Nous ne saurions, dans cette modeste analyse, entrer dans le détail des expositions et démonstrations concernant la forme définitivement acquise par la Lune solidifiée, la théorie des librations et la question de l'atmosphère lunaire. Disons seulement que, d'après les appréciations et les calculs de Bessel, cette atmosphère ne devait avoir autrefois qu'une densité, à la surface de l'astre, de 1/900e de celle de la Terre également à la surface. M. Puiseux pense que cette atmosphère a pu être beaucoup plus importante, mais que depuis elle s'est résorbée ou dissipée, en sorte que *la possibilité d'organismes vivants lunaires ne pourrait s'appliquer qu'à une existence souterraine.*

Passons rapidement sur la constitution probable du sol lunaire d'après celle de la surface terrestre ; sur les analogies et les différences entre la forme et la répartition des dépressions de notre satellite improprement appelées *mers* et celle des dépressions terrestres formant le fond de nos océans ; sur la structure, la disposition et les extrêmes altitudes des massifs montagneux de la Lune et l'examen critique des hypothèses invoquées pour expliquer leur formation. Mais arrêtons-nous quelques instants aux cirques lunaires, sans analogues véritables sur le relief de notre globe, et aux principales théories *sélénologiques.*

Les *cirques,* ou enceintes de toutes dimensions, répartis en très grand nombre sur toute la surface sélénique, mais principalement près des massifs montagneux, appelés continents, ou à leurs abords, sont souvent appelés *volcans* par assimilation aux montagnes éruptives terrestres, bien qu'ils en diffèrent par de nombreux caractères. Sans parler des dimensions de certains d'entre eux dont le diamètre ne mesure pas moins de 80 à 150 kilomètres (2), de la profondeur de leur bassin qui, pour un bourrelet de 1500 mètres par exemple au-dessus du sol environ-

(1) L'auteur a soin de faire remarquer ici que la mise en liberté d'un anneau complet s'échappant de la sphère terrestre encore fluide serait plus conforme à la théorie de Laplace. Mais le passage de cet anneau à un satellite unique soulève de très grandes difficultés mécaniques.

(2) Un observateur qui serait placé au centre de l'intérieur du cirque de Platon, par exemple, pourrait se croire au sein d'une plaine sans limites, la vue des sommets de la chaîne montagneuse qui l'entoure lui étant cachée du fait même de la rondeur du globe lunaire.

nant, s'enfonce de plusieurs milliers de mètres en contre-bas, la formation, dans l'intérieur ou au milieu de ce bassin, d'une ou plusieurs montagnes distinctes dont le sommet est toujours d'une altitude inférieure à celle du cirque environnant, le dessin toujours circulaire ou polygonal de celui-ci, sont autant de formes et conditions qui ne se rencontrent pas dans nos volcans. Les auréoles blanches ou sombres, se divisant parfois en traînées divergentes de plusieurs centaines de kilomètres, sont encore des particularités sans analogues sur notre globe. Pour expliquer ces formes étranges, bien des théories ont été proposées dont aucune jusqu'ici n'est entièrement satisfaisante. Doivent être éliminées d'abord celles qui excluent l'action des forces internes, comme la théorie des tourbillons et cyclones qui se seraient formés sur le globe lunaire encore liquide, comme aussi l'assimilation des montagnes et cirques lunaires à d'immenses blocs de neige.

La théorie des marées, brillamment exposée par feu M. Faye dans l'Annuaire du Bureau des Longitudes, année 1881 (1); celle de l'ébullition de M. Poulett Scropp, de M. Stanislas Meunier et autres, considérant la Lune encore liquide ou plutôt pâteuse comme le théâtre d'une gigantesque *friture* (2); enfin la théorie même du bombardement météorique de M. Alsdorf (3) qui admet que la pénétration des projectiles est suivie de violents dégagements de chaleur sous l'influence desquels la masse fluide intérieure surgit au fond des empreintes, — ces théories, nonobstant les graves objections qu'elles soulèvent, impliquent, sous une forme ou sous une autre, l'action inévitable des forces internes.

Mais toutes ces hypothèses, ainsi que celles plus plausibles, des géologues Dana et Suess, sont l'objet, par l'auteur, d'une critique très serrée et très détaillée, qui, en tenant compte des gaz et des vapeurs renfermés à l'intérieur, de la faible densité et des faibles dimensions de l'astre, de l'action de la pesanteur réduite au sixième de son intensité chez nous, l'amènent à cette conclusion que les cirques ne sont pas des cratères de

(1) Notice intitulée : *Comparaison de la Lune et de la Terre au point de vue géologique.*

(2) Ce terme est tiré de l'opération au moyen de laquelle on a pu obtenir systématiquement une préparation analogue à une friture, où de grosses bulles gazeuses viennent crever à la surface et laissent des empreintes imitant en petit les cirques lunaires.

(3) *Experimentelle Darstellungen von Gebilden der Mondoberfläche. mit besonderer Berücksichtigung des Details.* Gaca, 1898, Erstes Heft.

volcans, mais bien des *régions volcaniques* successivement soulevées puis affaissées (1). Moyennant cette donnée, on échappe aux difficultés ou impossibilités que présentent la théorie des cyclones et des marées, ainsi que celles de l'ébullition ou des chutes de bolides gigantesques.

N'omettons pas de signaler les 24 photographies de portions de la surface de notre satellite, sorte de petit atlas partiel de la topographie lunaire, d'un grand secours à l'appui du texte.

Grâce à l'emploi de la photographie, une observation plus approfondie permet à l'auteur de discerner les divers modelés qu'a subis successivement la surface de notre satellite, en tenant compte, comme il vient d'être dit, de son plus petit volume par rapport à la Terre, de sa moindre densité et de la réduction au sixième de sa force attractive. Le passage superficiel de l'état liquide à l'état solide s'est fait par plaques qui, se soudant à leur rencontre, y ont déterminé des bourrelets, se coupant sous différents angles et finissant par entourer tout le globe d'un réseau de saillies polygonales. Plus tard sont survenus des ridements par pression latérale, des cassures rectilignes, et finalement les expansions volcaniques boursouflant l'écorce lunaire d'une foule de bulles gazeuses de toutes les dimensions dont la voûte ou le sommet ne tarda pas à s'effondrer, laissant ces cirques si nombreux et si apparents.

L'eau, qui manque actuellement sur la Lune, n'y a pas laissé de traces, dans le passé, d'une intervention active. Ni une nappe océanique n'en remplit les dépressions, ni aucuns dépôts sédimentaires n'en revêtent les continents ; et cette circonstance rend plus facile à l'observateur terrestre l'étude de la marche de la solidification superficielle.

D'un bien moindre diamètre que notre sphéroïde, le globe lunaire a évolué plus vite ; les traits les plus visibles de sa surface sont assimilables par leur âge à nos plus anciennes formations terrestres ; et depuis longtemps « la permanence y règne », ce qui veut dire que depuis longtemps (*longtemps* pris avec toute l'ampleur et l'extension que comporte la cosmogonie) tout

(1) D'après le géologue américain Dana, le vaste bassin volcanique de Kilauea, dans les îles Sandwich (Hawaï), qui a 5 kilomètres de long et 12 kilomètres de tour et qui se remplit, à certaines époques, de lave incandescente, laquelle se solidifie en partie et laisse en se retirant des gradins aux parois, — cet orifice volcanique est le seul, de tous ceux du globe terrestre, qui puisse être rapproché comme conformation des cirques lunaires.

mouvement sensible y a cessé, la dernière « période de destruction » y ayant été celle de la formation des cirques.

C'est au travers des ruines laissées par toutes ces formations successives se superposant et se détruisant plus ou moins partiellement ou complètement les unes les autres, que, servie par le concours précieux de la photographie et par les analogies comme par les différences de la géologie terrestre, la science a pu, par l'organe de M. Puiseux, démêler cet écheveau compliqué et se reconnaître dans ce labyrinthe.

De fréquents renvois sont indiqués non seulement aux planches photographiques placées à la fin du volume, mais aussi aux feuilles du grand Atlas publié par l'Observatoire de Paris (1) et notamment aux quarante premières de l'édition un peu réduite due à la Société belge d'Astronomie.

Il a été dit, en commençant, que ce volume est le premier d'une série qui comprendra successivement des études analogues sur les autres corps célestes. Si, comme il n'est pas douteux, les volumes qui suivront ont la valeur et offrent l'intérêt de celui-ci, un grand pas sera fait dans la connaissance des astres et notamment du groupe astronomique auquel nous appartenons.

C. de Kirwan.

III

Histoire du développement de la Chimie depuis Lavoisier jusqu'à nos jours, par A. Ladenburg, professeur à l'Université de Breslau. Traduit sur la quatrième édition allemande, par A. Corvisy. Un volume in-8° de 388 pages. — Paris, librairie scientifique A. Hermann, 1909.

L'ouvrage de M. Ladenburg ne se prête pas à l'analyse ; il suffira d'en indiquer le contenu et d'en signaler le grand intérêt et l'incontestable utilité.

Dans les premières leçons, l'auteur nous reporte aux origines de la chimie : elle a pris naissance avec les théories phlogistiques ; mais ce n'est qu'avec les premières recherches quantitatives de Lavoisier et la découverte de la véritable nature de la combustion qu'elle est entrée dans une voie vraiment scientifique.

(1) Voir dans cette Revue, 2e série, t. XV, janvier 1899, p. 125 ; R. J. *L'Atlas lunaire de MM. Loewy et Puiseux.*

Les leçons suivantes nous retracent la genèse et l'établissement des lois générales de la chimie, puis la lutte longue et incidentée des équivalents et de la théorie atomique. Cette dernière finit par prévaloir avec les formules de structure et la stéréochimie.

L'auteur passe ensuite en revue les progrès de la chimie dus à son union plus intime avec la physique et la mécanique.

La dernière leçon est consacrée aux recherches récentes, provoquées, entre autres, par la découverte des corps radio-actifs et l'étude des colloïdes.

Certes, l'œuvre entreprise par M. Ladenburg était difficile et on peut étendre à toute l'époque dont il s'occupe ce qu'il dit des soixante-dix dernières années. « Ce n'est pas une tâche facile que d'extraire du matériel immense qui a été façonné pendant cette période ce qui est essentiel et utile aux progrès ultérieurs, de présenter le développement des idées d'une façon à la fois logique et conforme à la réalité, de rendre justice à chacun et de ne pas perdre le fil dans les détails ou les contestations de priorité. » L'auteur a atteint son but : cette vue d'ensemble sur l'histoire de la chimie plaira à tous ceux qu'intéresse le développement des idées scientifiques ; elle sera éminement utile à ceux qui désirent faire l'étude plus approfondie d'une époque ou d'une conception : l'abondante bibliographie fournie par l'auteur leur sera d'un grand secours.

R. D.

IV

Cours de Ponts métalliques, professé à l'École nationale des Ponts et Chaussées, par Jean Résal, Inspecteur général des Ponts et Chaussées. Tome I. Un volume grand in-8° de 660 pages et 375 figures, de la collection de l'*Encyclopédie des Travaux Publics*. — Paris et Liége, Ch. Béranger, 1908.

Le nom seul du savant ingénieur qu'est M. Résal devait faire présager un travail remarquable. C'est en effet sous un jour tout nouveau qu'est présenté son Cours de Ponts métalliques étudié tout spécialement au point de vue des tensions dites « secondaires » qui peuvent se produire dans les constructions de l'espèce.

Ce cours fait suite à celui de Résistance des matériaux, du même auteur, où sont exposées les méthodes générales numériques et graphiques dont on fait usage pour le calcul des constructions métalliques et des ponts. C'est le motif pour lequel, dans le présent ouvrage, M. Résal se borne à indiquer, le cas échéant, des méthodes simplifiées ou des formules pratiques, en supposant connues les méthodes générales.

Partant du principe généralement admis par les constructeurs qu'il n'est pas nécessaire de se préoccuper des tensions secondaires, étant donnée la grande marge entre la limite pratique du travail et la limite d'élasticité de la matière, l'auteur s'est attaché dans tout son ouvrage à déterminer, dans les divers cas de la pratique, l'importance de ces tensions et des déformations correspondantes.

Il fournit ainsi aux constructeurs un moyen de calculer d'avance l'ordre de grandeur de ces efforts secondaires qui, dans certains cas et sans qu'on s'en fût douté, peuvent acquérir une grande importance. Ils proviennent principalement, soit de la rigidité des assemblages rivés que la théorie classique suppose articulés, soit de la présence des barres surabondantes qu'on suppose ne travailler que dans un sens, soit de l'excentricité des attaches, soit de la sollicitation latérale des poutres qui donne lieu à ce que M. Résal appelle fort justement leur « flambement ». Cette dernière sollicitation, trop peu connue, est étudiée de près par l'auteur qui examine par suite en détail le remède, souvent trop empiriquement traité, du contreventement.

Dans ce tome I, M. Résal ne considère que les ponts fixes dont les réactions sont toutes verticales : ils sont dits *à poutres*.

Un premier chapitre traite des *Poutres d'une manière générale*.

Dans un premier § l'auteur étudie les poutres à parois pleines. A propos de la torsion des poutres par sollicitation latérale, il en arrive à conclure qu'un effort de torsion capable de produire une déformation comparable à celle produite par la flexion dûe aux charges verticales ne détermine dans le métal qu'un travail de glissement très petit, négligeable devant celui de flexion. Ce résultat permet au constructeur de se borner à limiter les déformations par un contreventement approprié, sans se préoccuper des tensions produites par la torsion.

Le deuxième § est consacré aux poutres articulées. Relevons-y une étude approfondie de la déformation d'une barre droite comprimée, laquelle est presque toujours en même temps fléchie. Le travail élastique et le raccourcissement de la pièce se calcu-

leront en se basant sur des aires réduites obtenues à l'aide de coefficients de majoration figurant au dénominateur et dont M. Résal détermine la valeur.

Signalons aussi une méthode algébrique simple pour la recherche de la déformation élastique des systèmes articulés plans.

Dans un troisième § l'auteur expose une méthode de calcul des systèmes surabondants en considérant un panneau de poutre à montants verticaux et croix de St-André. Il l'applique successivement au calcul d'un panneau de poutre américaine (à articulations) et de poutre européenne (à assemblages rigides). Il résulte de cette intéressante étude que les tirants américains que la théorie classique suppose ne pas travailler à la compression subissent au contraire un taux de travail négatif élevé et sont soumis à des oscillations de grande amplitude usant rapidement les articulations. Le seul remède consiste dans l'application aux tirants de tendeurs réglés de manière que la tension soit ramenée au minimum à zéro quand le pont est sous charge. Dans la poutre européenne, on ne peut éviter le renversement des efforts dans les barres, ni même dans les montants ; aussi le remède à la déformation produite par la charge mobile arrivant en vitesse, réside-t-il uniquement dans l'emploi de pièces rigides à l'exclusion des barres plates.

Enfin, fait intéressant à noter, M. Résal est d'avis que, quand l'effort tranchant négatif est inférieur à 1/5 de l'effort tranchant positif, il est inutile d'employer un contre-tirant ; il suffit de rendre le tirant suffisamment rigide. C'est ce qu'on a déjà pu constater en pratique dans les ponts récemment construits en France et ailleurs.

Le quatrième § traite des poutres évidées ou triangulées à assemblages rigides. L'auteur y détermine, pour ces deux genres de poutres, les perturbations produites par les efforts secondaires résultant de la substitution des rivures aux articulations. C'est ainsi, par exemple, que les montants d'une poutre Vierendeel ne sont pas soumis à la compression, mais bien à la flexion, et que dans une poutre triangulée des moments secondaires viennent s'ajouter aux moments principaux. L'effet de ces derniers n'est, il est vrai, pas considérable, surtout lorsqu'on le compare à ceux qui se produisent dans le cas des attaches excentrées. Alors en effet, l'effort qu'il est permis de faire supporter en toute sécurité par une barre est inférieur à celui qu'elle supporterait dans le cas d'une attache axiale, tandis que la flèche de flexion est supé-

rieure à celle produite dans cette dernière hypothèse. Il en résulte que, dans certaines circonstances, l'excentricité des attaches peut être dangereuse au point de vue de la stabilité des ponts.

Dans un cinquième §, M. Résal propose des formules et des règles approchées pour la détermination du poids des fermes principales des ponts.

Le chapitre II est consacré à l'étude d'une *Travée indépendante*.

Dans le premier § l'auteur expose la théorie ordinaire des poutres de hauteur constante.

Le deuxième §, est un examen détaillé du problème du contreventement destiné à combattre le flambement des poutres. Il en résulte que, pour les ponts de faible ouverture, on peut se borner à exagérer un peu la hauteur des poutres transversales ; pour ceux de hauteur moyenne il faut, outre le premier moyen, établir des raidisseurs reliant les entretoises à la lisse la plus éloignée ; enfin dans les grands ponts, on reliera les membrures libres par des barres d'entretoisement transversal.

L'auteur fait ensuite une étude approfondie du rôle joué par chaque pièce et propose des formules de calcul pour les divers systèmes de contreventement employés. Notons, en particulier, que dans le cas du contreventement longitudinal double sans contreventement transversal, celle des poutres horizontales qui ne repose pas directement sur les culées doit être maintenue à chaque extrémité par une charpente rigide formant portique de butée. Son rôle est d'exercer sur cette poutre une réaction horizontale égale à l'effort tranchant produit dans la section extrême par la poussée du vent. M. Résal fait remarquer fort justement que c'est absolument à tort que ces portiques de butée sont perdus de vue et n'existent souvent pas.

Le troisième § est employé à l'étude succincte de tous les systèmes de poutre à hauteur variable qu'on peut rencontrer : les poutres en chevron, ogivales, paraboliques, Pauli, elliptiques, Schwedler, dont la hauteur se réduit à zéro aux appuis, ainsi que les poutres mixtes, plus employées que les premières parce qu'elles sont plus pratiques au point de vue du contreventement ; en effet, leur hauteur ne s'annulant pas aux extrémités, elles permettent facilement l'établissement des portiques de butée. L'auteur conseille d'employer les poutres semi-paraboliques pour les grandes portées et un profil dérivé du Schwedler pour les portées petites et moyennes.

Signalons enfin une méthode élégante de répartition des

moments fléchissants dans les poutres à membrures indépendantes avec poutre de rigidité.

Dans le quatrième § nous relevons des considérations intéressantes relatives aux ponts en pente, aux ponts biais et aux ponts en courbe.

Un cinquième § traite des surcharges d'épreuve et de la charge permanente à admettre dans l'étude d'un projet de pont.

Les *Travées solidaires* font l'objet du Chapitre III.

M. Résal, dans un premier §, examine en détail les poutres continues. En s'aidant de tableaux annexés à son ouvrage, il fournit une méthode de détermination des courbes enveloppes des moments fléchissants et des efforts tranchants, substituant des charges uniformément réparties par travée aux charges isolées des trains d'épreuve prescrits par les règlements administratifs français. Relevons-y également la solution théorique du panneau articulé permettant de rendre tous les appuis fixes.

Le deuxième § est consacré aux ponts cantilever et à leur mode de calcul. Il contient des indications pratiques relatives à l'emplacement à donner aux articulations ainsi qu'à la manière dont le contreventement doit y être réalisé. Notons que la solution du panneau articulé trouverait ici son application au droit des appuis de ce genre de ponts, en vue de diminuer l'importance des piles, laquelle est provoquée par les grands équipages de galets répartissant le poids considérable qu'ils ont à supporter.

Constatons avec l'auteur que, pour les grandes portées, le type cantilever, à hauteur variable, est plus économique que la poutre continue de hauteur constante.

Les ponts à béquilles sont traités dans le troisième §. Ce genre de pont est peu économique et ne se recommande que là où on ne peut faire autrement. Il est en outre très sensible aux variations de température.

Le chapitre IV qui traite de la *Confection des ponts métalliques* contient une foule de renseignements utiles. Ils concernent, dans un premier §, les tôles, les profilés et les rivures ; l'auteur examine les divers assemblages qu'on peut réaliser, avec leurs avantages et leurs inconvénients.

Dans le deuxième § M. Résal s'occupe des poutres à âme pleine et de leurs assemblages mutuels, tandis que, dans le troisième § il passe en revue les poutres en treillis. Qu'on nous permette de trouver que cette dernière partie aurait pu être traitée d'une manière un peu plus détaillée, ce type de poutre étant le plus utilisé dans la pratique courante.

Dans le quatrième §, nous trouvons des renseignements sur les diverses parties des tabliers : poutres transversales, longerons, platelages, appareils d'appui. Signalons la nécessité de calculer les assemblages des poutres transversales comme ceux de pièces encastrées, en même temps que le danger qu'il y a à tâcher de réaliser le simple appui en faisant reposer ces pièces sur des rotules.

Un cinquième § contient un intéressant exposé de la construction des poutres articulées américaines, suivi d'une discussion sur les avantages et les inconvénients qu'elles présentent. Attendu qu'elles ont comme les poutres européennes des qualités et des défauts, l'auteur ne tranche pas en faveur de l'un ou de l'autre système et se borne à laisser la question en suspens.

Le chapitre V et dernier s'occupe du *Montage des ponts*, question qui, souvent, dans les cours de constructions, est traitée d'une manière plutôt superficielle et rapide. Ici au contraire, M. Résal en présente une étude approfondie comprenant d'abord l'outillage des chantiers qui font l'objet d'un premier §. Il recommande spécialement l'emploi du four à réverbère pour réchauffer les rivets, qui sont portés ainsi à une température beaucoup plus uniforme que dans les forges portatives. Puis il examine les différents modes de rivetage : à la main, à la machine par pression et par percussion, et fournit les éléments nécessaires à une bonne vérification des rivures.

Le deuxième § est consacré au montage sur échafaudages, en bois ou en métal, fixes ou flottants, et à l'examen des circonstances qui militent en faveur de l'un ou de l'autre de ces systèmes. Dans certains cas la mise en place s'effectuera par déplacement vertical ou transversal.

Dans le troisième § M. Résal examine le montage par lancement ainsi que les mesures à prendre pour assurer, pendant l'opération, la résistance aux moments fléchissants, aux efforts tranchants et à l'action du vent. Il procède également au calcul des efforts secondaires auxquels ce procédé peut donner naissance. Enfin dans un dernier §, l'auteur s'occupe du montage par encorbellement et termine par l'étude des causes qui ont amené en 1907 la chute du pont en construction, à Québec sur le Saint-Laurent.

Cet important ouvrage comporte plusieurs annexes : les unes sont des règlements administratifs français concernant le calcul, les épreuves et la surveillance des ponts métalliques, les autres sont des tableaux numériques destinés à faciliter le calcul des

ponts soumis aux charges d'épreuve, prescrites par les règlements précités.

Disons en terminant que tout le traité de M. Résal est présenté avec la clarté, la précision et la science qui caractérisent ce savant professeur et fait souhaiter prochaine la publication des autres parties de son Cours de Ponts métalliques.

R. v. d. M.

V

Hydraulique Fluviale. — La Forme du Lit des Rivières a fond mobile par L. Fargue, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite. Un volume grand in-8° de 182 pages et 55 planches et figures, de la collection de l'*Encyclopédie des Travaux publics*. — Paris, Gauthier-Villars, 1908.

Cet ouvrage constitue une très importante contribution à la science de l'hydraulique fluviale, science encore au berceau, en même temps qu'un exposé aussi clair qu'intéressant des observations patientes et des déductions logiques d'un savant ingénieur des Ponts et Chaussées pendant les quarante-cinq ans de sa carrière administrative.

Les lois relatives à la forme du lit des rivières à fond mobile que M. Fargue a formulées dès 1868 et qui portent son nom, ont été examinées et discutées dans les congrès de navigation. Vérifiées sur divers cours d'eau, elles sont admises actuellement par la plupart des ingénieurs et sont même devenues classiques.

L'ouvrage comprend deux chapitres.

Le premier relate et commente les nombreuses observations faites par l'auteur d'abord sur la Garonne, puis sur la petite rivière artificielle de Bordeaux, enfin sur l'Escaut maritime, observations dont les unes l'ont conduit à formuler ses lois empiriques et les autres à les vérifier expérimentalement.

Nous jugeons opportun de rappeler ici ces six lois qui expriment les relations existant entre la configuration du lit moyen et la profondeur du chenal navigable :

1° *Loi de l'écart :* Le maigre et la mouille sont respectivement reportés en aval du point d'inflexion et du sommet.

2° *Loi de la mouille :* La mouille est d'autant plus profonde que la courbure au sommet est plus prononcée.

3° *Loi du développement :* Dans l'intérêt de la profondeur tant maximum que moyenne, la courbe ne doit être ni trop courte, ni trop développée.

4° *Loi de l'angle :* A longueur égale, la profondeur moyenne d'un bief est d'autant plus grande que les deux tangentes extrêmes de la courbe forment un angle extérieur plus ouvert.

5° *Loi de la continuité :* Le profil en long du chenal ne présente de continuité qu'autant que la courbure varie d'une manière graduelle. Tout changement brusque de courbure occasionne une diminution brusque de la profondeur.

6° *Loi de la pente du fond :* Si la courbure varie d'une manière continue, l'inclinaison de la tangente à la courbe des courbures détermine la pente du fond du chenal.

On pourrait y ajouter la loi expérimentale relative à la *largeur du lit moyen* que M. Fargue formule comme suit dans le septième paragraphe du premier chapitre :

Pour que le chenal, à la traversée d'une rive à l'autre, soit profond et stable, il faut que la partie rectiligne du lit soit plus étroite que les parties voisines présentant une courbure prononcée. Toutefois cette disposition n'est pas absolument nécessaire et une bonne répartition des courbures peut y suppléer.

Dans le deuxième chapitre, M. Fargue donne une forme théorique aux déductions qu'il a tirées de ses expériences, en recherchant les équations de ses lois empiriques. Ces équations peuvent d'ailleurs se réduire à une seule exprimant la relation qui existe entre les courbures du lit et les profondeurs du chenal. L'auteur démontre facilement que dans la Garonne et les rivières analogues, les courbes représentant la courbure et la profondeur du chenal sont des sinusoïdes et que, de plus, la sinusoïde des courbures est la dérivée de la sinusoïde des profondeurs.

M. Fargue prouve ensuite l'instabilité nécessaire des lits rectilignes pour les rivières à fond mobile, et il retrouve par le raisonnement pur les éléments essentiels de ses lois empiriquement établies.

Un dernier paragraphe traite de l'utilité des expériences en petit lorsqu'il s'agit d'élaborer des travaux d'amélioration du lit des rivières. M. Fargue les recommande vivement et, pour notre part, nous souhaitons que, à l'exemple de ce qui s'est fait en Angleterre, en France et en Allemagne, la Commission de la Grande Coupure s'inspire des principes si bien exposés par M. Fargue dans son ouvrage pour réaliser en petit l'Escaut aux abords d'Anvers et étudier ainsi la meilleure forme à donner à son lit.

Ajoutons qu'une série de notes, tableaux, rapports d'expériences et de commission ainsi qu'un exposé des courbures des diverses courbes et du moyen de les réaliser graphiquement sont annexés à la fin de cet intéressant ouvrage.

R. v. d. M.

VI

Quelques ouvrages relatifs a l'aviation. — Les progrès dans le domaine de l'aviation ont été, ces dernières années, tellement marquants, tellement rapides, que l'attention s'y est universellement attachée. C'est ce qui explique l'éclosion d'une littérature technique abondante.

Seulement, les faits nouveaux étant encore, à l'heure actuelle, des faits isolés qui sont reliés par des lois inconnues, probablement très complexes (1), les auteurs se restreignent, en général, à l'étude approfondie d'objets nettement délimités.

Le lecteur curieux qui désire une vue d'ensemble doit donc se contenter des ouvrages de vulgarisation. Ceux-ci répondent ainsi à une nécessité évidente : tous, ou presque tous, étant à convertir ou à instruire.

Voici quelques renseignements au sujet de ces ouvrages de vulgarisation :

L'Aéroplane pour tous, par Louis Lelasseux et René Marque, ingénieurs des Arts et Manufactures, 1909. — Paris, Société d'éditions aéronautiques, 120 pp., nombreuses gravures.

Les auteurs exposent leur programme dans l'introduction du volume (p. 2). « Dans un rapide historique, nous avons rappelé les noms des chercheurs et des précurseurs de la locomotion aérienne. Nous avons exposé ensuite les lois de la résistance de l'air, ce qui nous a permis d'expliquer le mouvement d'un aéroplane et l'emploi de ses organes de direction et de propulsion. Après une courte étude des moteurs employés en aviation, nous avons décrit les appareils dont les essais ont donné des résultats

(1) D'après M. Marcel Brillouin, il n'y aurait pas moins de 126 coefficients à déterminer, dans le cas idéal d'un plan mince rigide animé d'un mouvement permanent et, cela, pour chacun des domaines de variation des vitesses de translation et de rotation pour lesquels le travail résistant est négatif. Aérophile, 17e année, n° 4, 15 février 1909.

satisfaisants : les monoplans de MM. Esnault-Pelterie et Blériot, les biplans des frères Voisin, pilotés par MM. Farman et Delagrange, et l'appareil des frères Wright.

» Un aperçu général des applications de l'aéroplane dans la vie économique et militaire, termine cette étude. »

Ce programme est réalisé, de bout en bout, avec une grande netteté d'exposition, et le lecteur se plaira certainement à l'examen de cet aperçu large et précis de la solution actuelle du problème de l'aviation.

Afin de mettre en relief les grandes lignes de ce tableau, les auteurs ont eu l'excellente idée de résumer, à chaque pas, leurs développements. Prenons le résumé du chapitre traitant de la résistance de l'air (p. 19) :

« Si nous rassemblons les conclusions tirées des diverses expériences précédentes, nous pouvons dire :

» 1° Le déplacement d'une surface plane dans l'air fait naître une force que nous appelons la résistance de l'air. Cette force est dirigée suivant une perpendiculaire au plan qui se déplace et dans le sens opposé à la marche. Elle est appliquée au centre de la surface, lorsque celle-ci est perpendiculaire à la direction du mouvement. Lorsque la surface est inclinée, le point d'application de la résistance de l'air, ou centre de poussée, est placé entre le milieu et le bord avant de la surface. Ce point se rapproche d'autant plus du bord antérieur que le plan est moins incliné sur la direction du mouvement. La grandeur de cette force diminue en même temps que l'inclinaison du plan.

» 2° La résistance de l'air sur deux surfaces de même forme se déplaçant dans les mêmes conditions, est proportionnelle à leur étendue. Pour des surfaces de forme différente, il faut tenir compte de l'envergure. De deux surfaces équivalentes, celle de plus grande envergure subit la plus forte résistance.

3° La résistance de l'air varie comme le carré de la vitesse de déplacement. Les mêmes conclusions s'appliquent au déplacement d'une surface légèrement incurvée, rencontrant l'air par sa concavité supposée tournée vers le bas. »

Faisons remarquer ici que la proposition : « la grandeur de cette force diminue en même temps que l'inclinaison du plan » n'est pas rigoureusement exacte. Nous serons amené à insister sur ce point dans l'étude d'un autre ouvrage.

Citons encore le résumé de la théorie élémentaire de l'aéroplane (p. 41). « Nous venons d'étudier successivement les divers éléments qui constituent un aéroplane. Nous verrons, dans

l'étude détaillée de plusieurs appareils connus, comment sont agencés ces divers organes.

Rappelons pour l'instant que nous retrouverons toujours :

1° Une ou plusieurs surfaces sustentatrices utilisant la résistance de l'air pour équilibrer le poids de l'appareil ;

2° Un gouvernail de profondeur, placé à l'avant ou à l'arrière, composé d'un ou de plusieurs plans mobiles autour d'axes horizontaux ;

3° Un gouvernail de direction latérale composé d'un ou de plusieurs plans verticaux, mobiles autour d'axes verticaux : son action étant complétée par une surface verticale fixe placée assez loin de ce gouvernail ;

4° Une hélice actionnée par un moteur.

Enfin, dans certains appareils, ces organes sont complétés :

1° Par une queue stabilisatrice ;

2° Par des dispositifs permettant de régler l'inclinaison transversale ;

3° Par des dispositifs spéciaux de départ et d'atterrissage. »

Nous trouvons, en appendice à l'ouvrage de MM. Lelasseux et Marque, deux récits d'aviateurs et deux articles de M. Painlevé. Dans le premier, le savant membre de l'Académie des sciences raconte ses « impressions de passager » à bord de l'aéroplane Wilbur Wright, au cours d'un vol effectué en octobre 1908. Le second article est consacré aux « deux écoles d'aviation » et met en balance les écoles française et américaine avec leurs mérites et inconvénients respectifs.

L'Homme s'envole. Le Passé, le Présent et l'Avenir de l'Aviation, par Sazerac de Forge, Capitaine breveté, 1909. — Paris, Berger-Levrault et Cie, 95 pp., 45 gravures.

Le capitaine Sazerac de Forge est acquis depuis longtemps à l'idée de la navigation aérienne et il a défendu ses convictions par la publication de nombreux articles et de divers ouvrages dans lesquels s'affirme un réel talent de vulgarisateur.

Les quelques pages qu'il vient de consacrer à l'aviation décrivent exactement l'état actuel de la question, les appareils créés, les méthodes employées et les résultats acquis.

Félicitons l'auteur du souci de précision qui l'a porté à placer en tête du volume un vocabulaire technique, expliquant au lecteur quelques termes nouveaux que l'aviation a introduits dans le langage. Toutes ses définitions sont exactes ; nous faisons toutefois nos réserves pour « avion » et « avier », qui n'appar-

tiennent pas au présent, mais au passé et, peut-être, à l'avenir de l'aviation.

Le premier chapitre rappelle les tentatives faites au cours de l'histoire de l'humanité pour imiter le vol des oiseaux. M. Sazerac passe successivement en revue les *ornithoptères,* appareils à ailes battantes, les *hélicoptères,* appareils à sustentation par hélices horizontales et, enfin, les appareils planeurs : *les aéroplanes,* troisième grande étape franchie par l'esprit humain. L'historique de ce prodigieux développement est narré d'une manière très intéressante ; beaucoup d'appareils anciens et tous ceux qui existent actuellement sont décrits.

Le « Problème de l'Aviation » fait l'objet d'un second chapitre. Le principe de la sustentation du planeur par la résistance de l'air au choc oblique, question particulièrement délicate, y est exposé avec une clarté appréciable.

Cette solution du vol mécanique était restée longtemps inapplicable faute d'un moteur de poids réduit. Les Wright, Levavasseur, Esnault-Pelterie ont construit le moteur extraléger et l'essor a été obtenu.

Mais ce n'est là qu'une partie du problème. Le pilote d'un aéroplane, tout comme le pilote d'un sous-marin, doit pouvoir assurer à son appareil l'équilibre latéral, l'équilibre longitudinal et la stabilité de route. L'auteur ne mentionne pas les moyens d'obtenir cette dernière, et c'est une lacune : la stabilité de route est indispensable, sans elle l'aviateur ne peut se diriger.

Les moyens de maintenir l'équilibre sont, en général, bien décrits. Il nous semble, toutefois, que l'auteur attache trop d'importance à l'ouverture des ailes en forme de V très obtus : la plupart des aéroplanes ayant volé n'ont pas cette disposition et certains aviateurs, qui l'avaient primitivement adoptée, l'ont abandonnée après expériences.

Signalons encore un point imparfaitement traité, et auquel nous avons déjà touché en parlant du livre de MM. Lelasseux et Marque. Nous lisons dans l'ouvrage de M. Sazerac, p. 58 : « Si l'angle d'attaque vient à diminuer pour une cause quelconque, la résistance de l'air, et, par conséquent, la force de poussée qui maintient l'appareil en l'air, diminueront et celui-ci descendra inévitablement. » Cela n'est exact que si l'angle d'attaque diminue au delà d'une certaine limite ; en deçà de cette limite, au contraire, la diminution de l'angle produit une augmentation de la vitesse et, par le fait, une augmentation de la force de sustentation.

Ce phénomène s'est produit d'une manière très caractéristique au cours d'un vol de M. Esnault-Pelterie : Celui-ci, disposant d'un gouvernail de profondeur imparfait, ne put diminuer suffisamment l'angle d'attaque ; il vit la vitesse s'accroître et, fait paradoxal, devint prisonnier de l'air jusqu'à ce qu'il put couper l'allumage du moteur.

Le Capitaine Sazerac prédit ensuite, non sans charme, « l'avenir de l'aviation », mais il nous excusera de ne pas le suivre dans cette envolée.

Contentons-nous de signaler au lecteur la liste des prix et concours d'aviation qui figure comme annexe à l'ouvrage : le total des prix à conquérir dépasse, à l'heure actuelle, 2 millions de francs.

Si nous nous sommes arrêté longtemps à ces deux ouvrages, c'est que ces quelques pages, largement traitées, constituent, à notre avis, les meilleurs guides pour le lecteur indépendant qui ne demande qu'une documentation facile, rapide et générale.

Étudions maintenant un ouvrage de caractère très différent, fruit des réflexions et des expériences de toute une vie consacrée à la cause du « plus lourd que l'air ».

Éléments d'Aviation, par Victor Tatin, 1909. — Paris, Dunod et Pinat, 1 vol., 71 pp., nombreuses gravures dessinées par l'auteur.

M. Tatin appartient à cette pléiade d'initiateurs convaincus, dont l'action, méconnue pendant quelque vingt ans, s'est affirmée dans l'éclat du récent succès. — Son ouvrage est intéressant surtout parce qu'il constitue le développement d'un système complet, décrit d'une manière détaillée.

Signalons au lecteur la description intelligente des lois de la résistance de l'air, des notions sur la construction des hélices aériennes et enfin un chapitre historique qui présente beaucoup d'intérêt, l'auteur ayant suivi lui-même, avec une attention passionnée, toutes les expériences qu'il relate.

M. Tatin a joint l'expérimentation à ses conceptions idéales, mais, faute de ressources suffisantes, il n'a pu construire « *son* aéroplane » que tout dernièrement, grâce à l'appui de M. Clément.

Cet aéroplane est un monoplan, il présente diverses caractéristiques, parmi lesquelles l'hélice arrière et la concavité supérieure des ailes en sens transversal. Le livre de M. Tatin nous en donne une description détaillée et, puisque l'appareil vient d'être construit, nous pourrons juger de ses essais.

Souhaitons au doyen des aviateurs français de voir couronner l'œuvre de sa vie.

L'Aviation, ses débuts, son développement. De crête a crête, de ville a ville, de continent a continent, par F. Ferber. Juillet 1908. — Paris, Berger-Levrault, 1 vol., 250 pp., nombreuses gravures et photographies.

Le capitaine d'artillerie Ferber est un précurseur. Le premier, en France, il a repris les expériences de Lilienthal et s'est installé, crânement, à bord d'un planeur sans moteur. Lorsque les résultats des frères Wright, en Amérique, commencèrent à être connus, il modifia ses appareils d'après leurs idées et réalisa des vols planés.

Il put créer et expérimenter de nombreux appareils, étant attaché à l'État-Major du parc aérostatique militaire de Chalais-Meudon, mais, tel est le sort des hommes d'avant-garde, il n'eut pas à sa disposition le moteur à la fois léger et puissant et, lorsqu'enfin ce moteur parut, il ne put l'obtenir, ses chefs subissant l'engouement pour les aéronats dirigeables.

En 1906, le capitaine Ferber quitta l'armée pour entrer dans l'industrie, mais là, le souci de calculer pour d'autres ne lui permit pas de continuer ses essais.

En juillet 1908, seulement, l'aéroplane Ferber, enfin muni d'un moteur, put voler « montrant ce qu'il eût fait dès 1905 ».

Le capitaine Ferber reprend, dans son livre, une partie des articles publiés par lui dans la Revue de l'Artillerie. Il insiste longuement sur ses premiers essais de planement et cela est instructif, parce que l'aéroplane doit être, avant tout, un bon planeur, sans quoi, une simple panne du moteur abontit à la catastrophe finale. Il raconte par le menu les progrès de l'aviation en France après ses propres essais; le rôle joué par MM. Archdeacon, Voisin, Blériot; les négociations avec les frères Wright; les premiers vols de MM. Farman et Delagrange. Nous voyons dans ces pages combien une idée nouvelle triomphe difficilement, combien une expérimentation, nécessairement coûteuse, se dégage avec peine des contretemps, des hostilités, des insuccès.

Ce récit nous permet de juger, par comparaison, le mérite des frères Wright, qui, de l'autre côté de l'océan, se sont trouvés aux prises avec les mêmes difficultés, ont fait des essais, subi des échecs, recommencé leurs tentatives et recueilli finalement le fruit de leur habile ténacité.

Il est assez piquant de constater que les Wright, d'une part,

le capitaine Ferber, d'autre part, devant les mêmes difficultés, adoptent presque toujours une solution différente. Cette opposition se manifeste déjà dans les planeurs sans moteur.

M. Ferber, ayant construit un planeur biplan d'après les nouvelles venues d'Amérique, adopte le lancement par câble supérieur dont le moindre inconvénient est d'augmenter l'instabilité du planeur au départ; de plus, ce procédé nécessitait la construction de trois pylônes encombrants et ne donnait qu'une seule direction d'essor quelle que fût la direction du vent. Les Wright, eux, lancent leur appareil au moyen d'un rail, dispositif rigide et orientable en tout sens, leur permettant toujours de quitter le sol « *face au vent* ».

Pour assurer la stabilité de route, M. Ferber munit son planeur de focs assez longs placés à l'extrémité des ailes; il éloigne ainsi du centre de gravité le plan de résistance à la dérive. Au même moment, les frères Wright développent en hauteur les surfaces verticales de leur engin et les rapprochent du centre de gravité. Or la théorie veut qu'il en soit ainsi ; M. Émile Bertin, de l'Académie des Sciences, l'a affirmé récemment (1).

Alors que Ferber munit son aéroplane d'une seule hélice, n'ayant pas trouvé de système de transmission du mouvement à deux hélices tournant en sens inverse, les Wright ont ce trait de génie de transmettre le mouvement par chaînes, dont l'une croisée circulant dans une gaine de protection. Ils réalisent ainsi une condition très avantageuse pour l'équilibre latéral.

L'ensemble des expériences prouve que les aviateurs américains ont, dans chaque cas particulier, adopté la meilleure combinaison. La solution du capitaine Ferber, tout en étant rationnelle, a donné de moins bons résultats.

L'ouvrage du capitaine Ferber se termine par la reproduction des « calculs », publiés déjà en 1906 par la Revue de l'Artillerie et par une note sur l'hélice propulsive. L'examen de cette partie du volume n'entre pas dans le cadre de l'étude que nous faisons ici. Les lecteurs de la Revue des Questions scientifiques nous permettront d'en faire l'objet d'une étude ultérieure où nous pourrons la placer dans un cadre approprié.

Le problème de l'aviation et sa solution par l'aéroplane, par Armengaud, jeune. Conférence faite le 16 février 1908 au Conservatoire national des Arts et Métiers, 2e édition. — Paris, Ch. Delagrave, 1 vol., 102 pp., nombreuses gravures.

(1) Conférence donnée à la Commission scientifique de l'Aéro-Club de France (séance du 28 décembre 1908).

M. Armengaud a conservé dans ce livre le ton « quelque peu familier du conférencier pour établir un contact plus intime avec ses lecteurs » ; ceux-ci ne s'en plaindront pas, car ils rencontrent chez l'auteur un esprit d'un caractère très pratique et d'une rare compétence.

M. Armengaud, lié depuis longtemps avec tous ceux qu'a passionnés le problème de la navigation aérienne est mieux qualifié que quiconque pour en écrire l'histoire (1).

A la suite des œuvres des observateurs « tels que Léonard de Vinci, Borelli, Pettigrew, Mouillard », il nous fait connaître celles des « savants, physiologistes et mathématiciens tels que Babinet, Landure, Pénaud, Marey, le colonel Renard, M. Drzewiecki et celles plus récentes du colonel Valier et du capitaine Ferber, qui ont précisé les lois du vol plané ». Il rappelle en même temps « les essais des expérimentateurs audacieux tels que Lilienthal, Pilcher, précurseurs des Santos Dumont, Farman, Delagrange, Esnault-Pelterie et des frères Wright, qui se sont livrés à des essais *in anima vili*, pour arriver à pratiquer le vol mécanique ».

Cette citation constitue, en quelque sorte, le programme du conférencier ; la première partie de son ouvrage est consacrée aux observateurs du vol des oiseaux ; plusieurs d'entre eux ont publié des ouvrages très remarquables et font autorité dans la matière. Le groupement de leurs conclusions, qui ont été confirmées par l'expérience, réclame l'acquiescement de l'esprit.

Dans une seconde partie M. Armengaud discute les théories modernes sur le vol plané émises par MM. Drzewiecki, les colonels Renard et Valier, M. Soreau, les capitaines Ferber et Lucas-Girardville. Il effleure, de la sorte, la technique pure, mais, parlant à un public particulier, il a pu, sans craindre l'obscurité, énoncer les conclusions auxquelles le calcul a conduit ces savants techniciens. Il en montre toute la valeur en en faisant l'application à l'aéroplane de M. Santos-Dumont.

Cet aéroplane, le « 14bis » est depuis longtemps au tombeau. D'autres lui ont succédé et M. Armengaud ne les oublie pas : il les fait défiler devant le lecteur, décrivant leurs caractéristiques et leurs performances.

Puis, dans une synthèse finale, il examine les perfectionnements à apporter aux organes propulseurs, sustentateurs et équilibreurs.

(1) Nous formons le vœu qu'il en publie un jour la bibliographie.

Signalons encore la comparaison des aéroplanes avec les autres « plus lourds que l'air » et avec les appareils mixtes ; les considérations sur le vol plané et le vol à la voile ; et, enfin, une bizarre théorie sur le rôle probable de l'électricité dans le vol. « Le frottement de la surface de l'oiseau sur l'air engendre une quantité d'électricité qui charge l'oiseau. D'après un inventeur hongrois, M. Suchanek, les molécules d'air électrisées au contact des ailes et en dessous forment une couche qui, en raison de l'état électrique de l'air, conserve une certaine tension. Cette couche a donc une tendance à vouloir s'élever. Il en résulte que lorsque l'aile descend, elle rencontre une résistance plus grande. En d'autres termes : l'aile trouve sous elle un point d'appui. D'un autre côté, M. Besson, chimiste distingué, qui a fait sur le radium d'intéressantes communications à la Société des Ingénieurs civils, a exprimé l'avis que les phénomènes de radioactivité pourraient appuyer l'hypothèse de l'intervention de l'électricité. »

L'avenir pourra seul nous apprendre si cette intervention est effective.

Ne terminons pas cette étude sans poser une question à tous ceux qui combattent par la plume pour la cause de l'aviation. Ne croient-ils pas utile de s'imposer plus de précision dans le langage technique ? Les notions de force, de travail et de puissance sont essentiellement différentes. Conçues et définies par la mécanique rationnelle, elles ont été transportées dans le domaine de la pratique et cette extension est un progrès trop réel pour que nous y renoncions.

Nous lisons souvent : un moteur de la *force* de 10 HP ; un moteur qui développe 750 *kilogrammètres ;* la puissance est égale au produit de la force par le *chemin* parcouru.... Ces expressions ne sont pas foncièrement inexactes, mais elles sont incorrectes. Le public les comprend, parce que les techniciens l'y ont habitué. Mais que les techniciens, qui ont la mission de guider le public, s'expriment correctement, tous parleront comme eux et le langage y gagnera une rigueur conforme à la précision de l'esprit moderne.

G. B.

VII

Bilan géographique de l'année 1908, par le Frère Alexis, M.-G. Fascicule de 42 pages in-8°, texte compact, et cartes de l'expansion mondiale belge et du Congo belge. — Liége, H. Dessain.

Pour la vingt-huitième fois, depuis 1881, l'auteur nous donne, sous ce titre, une vue rétrospective des événements politiques et scientifiques survenus sur le Globe durant l'année écoulée, et intéressant surtout la jeunesse estudiantine.

Europe.—L'an 1908 est avant tout remarquable par l'annexion du Congo à la Belgique. Cette annexion d'un État de 2 400 000 km² par un autre quatre-vingts fois moindre, mais merveilleusement organisé, est un événement mondial du plus haut intérêt.

Sous Léopold Ier, il y eut des essais de colonisation belge à Santo-Thomas, au Guatémala, et même en Abyssinie ; mais il était réservé à Léopold II, de réaliser l'idéal d'une colonie au Congo. Avec ses 2 400 000 kilomètres carrés et ses 20 millions d'habitants, notre possession congolaise nous donne le cinquième rang parmi les puissances coloniales.

Le chiffre de 20 millions de nègres congolais paraît exagéré, si l'on s'en tient aux informations les plus récentes. Soit à cause de la maladie du sommeil, qui exerce de grands ravages parmi les peuplades riveraines des voies fluviales, soit par le fait plus ancien des razzias d'esclaves par les traitants arabes, soit faute d'un recensement exact, impossible dans un pays si neuf, on est tenté d'abaisser à 15 millions le chiffre total ; ce qui donnerait une densité de 5 habitants par km², légèrement supérieure à la moyenne de l'Afrique entière, la plus faible parmi celles des cinq Parties du Monde.

La *France* tient à se dégager du guêpier marocain, où ses troupes ont eu maille à partir avec des tribus hostiles à tout régime. Elle avait à soutenir un sultan contre un autre, mais la force des choses a renversé les rôles, comme on le verra plus loin.

L'*Angleterre* a vu un remarquable succès religieux dans le Congrès eucharistique de Londres, qui marquera le réveil de l'opinion publique anglaise en faveur de la religion catholique.

Les Irlandais, qui aspirent à l'autonomie administrative, ont été satisfaits par la prise en considération de la question du

Home rule à la Chambre, et aussi par l'érection de trois collèges universitaires catholiques à Dublin, Cork et Galway.

L' « entente cordiale » anglo-française s'est confirmée au Maroc, comme dans la question d'Orient et ailleurs.

La *Hollande* s'est inquiétée de la perspective d'une succession au trône incertaine ; elle espère toujours un héritier direct dans la famille royale. — Le projet de desséchement d'une partie du Zuiderzée revient sur le tapis. La « Conférence de la Paix » reste toujours sans action bien efficace.

Le *Luxembourg*, vu l'état grave du grand-duc Wilhelm, a confié la régence à sa femme, mère de la jeune princesse Adélaïde, âgée de 14 ans et héritière présomptive.

En *Allemagne*, la crise commerciale et industrielle augmente l'état général de malaise dans l'empire.

L'*Autriche-Hongrie* a fêté noblement le soixantenaire de règne du vénérable empereur-roi François-Joseph. Profitant des troubles survenus dans les États balkaniques, elle a consacré officiellement l'annexion de la Bosnie et de l'Herzégovine, provinces ci-devant turques, occupées par l'Autriche depuis 1878, en vertu du traité de Berlin. Mais les protestations n'ont pas manqué, comme on le verra bientôt.

En *Suisse*, un referendum populaire a interdit la fabrication de l'absinthe. La colonie de l'*Islande* réclame plus que jamais au *Danemark* l'autonomie complète. La *Norvège* est garantie désormais dans son intégrité territoriale, par l'accord des grandes puissances. La *Suède* s'inquiète du projet russe de fortifier les îles d'Aland, malgré la stipulation contraire du traité de Paris, en 1856.

La *Russie* offre toujours une situation sociale profondément troublée. De nombreux méfaits entraînent des répressions atroces. La Douma fonctionne, grâce à l'éviction arbitraire des députés suspects. Les catholiques polonais et lithuaniens sont persécutés dans leurs croyances et leur langue maternelle, les dernières libertés qu'on devrait bien leur laisser.

Le *Portugal* a été consterné par un double régicide : le 1er février, la famille royale rentrant en carrosse à Lisbonne, est assaillie à coups de carabines par une bande de conjurés : le roi don Carlos et son fils aîné, âgé de 21 ans, sont tués ; le prince Manuel est blessé à côté de la malheureuse reine, qui montre un courage héroïque. Le Parlement a proclamé le nouveau roi, Manuel II, âgé de 18 ans.

L'*Espagne*, plus tranquille, voit sa population atteindre le

chiffre de 20 millions d'habitants, soit 40 au kilomètre carré. Cette densité, très modeste d'ailleurs, représente la moyenne de celle de l'Europe.

Italie. Rome s'est signalée par les grandes fêtes du cinquantenaire de l'ordination sacerdotale du Pape Pie X. Né à Rièze en 1835, il fut ordonné prêtre en 1858, évêque de Mantoue en 1883, cardinal-patriarche de Venise en 1893, élu pape le 4 août 1903. Le monde entier s'est associé à ces fêtes. A cette occasion, fut créé le BULLETIN OFFICIEL, qui désormais servira à la promulgation régulière des actes et décrets du Saint-Siège.

Le roi Emmanuel III et son gouvernement se sont inquiétés de l'annexion de la Bosnie par l'Autriche. La misère, qui sévit dans certaines contrées, fut aggravée encore par le retour d'Amérique d'un grand nombre d'émigrés. Les volcans le Vésuve et l'Etna se sont réveillés, sans toutefois faire présager l'épouvantable tremblement de terre qui, le 28 décembre, détruisit de fond en comble les villes de Messine, Reggio et leurs environs, ensevelissant sous les ruines 200 000 habitants.

Balkanie. Ici s'ouvre le principal chapitre des événements politiques survenus en Europe l'an dernier. 1° Continuation des massacres en Macédoine et soulèvement anti-turc à Salonique, Monastir et Okhrida ; 2° A Constantinople, conjuration des Jeunes-Turcs, qui forcent le sultan Abdul-Hamid à rétablir enfin la *Constitution* de l'Empire, accordée en 1876 par son prédécesseur ; 3° A Tirnova, le 5 octobre, proclamation de l'*indépendance* absolue de la Bulgarie, qui se détache des liens de vassalité de l'empire ottoman ; acclamation du prince Ferdinand comme roi ou « tsar des Bulgares » ; 4° Déclaration officielle de l'annexion de la Bosnie-Herzégovine à la monarchie austro-hongroise. Par contre, celle-ci restitue à la Turquie le district de Novi-Bazar ; 5° Comme suite à ces coups d'État, il y a protestations de la Serbie et du Monténégro, qui réclament leur part de territoires à annexer ; de la Turquie, qui veut une indemnité pécuniaire pour ses chemins de fer bulgares ; de la Bulgarie, qui voudrait également un débouché par rail vers l'Adriatique. En outre, déclaration de l'île de Crète, qui voudrait s'annexer à la Grèce ; 6° Protestations et réserves de la Russie, de l'Angleterre, de l'Italie contre les faits accomplis au mépris des traités ; appui accordé à l'Autriche par l'Allemagne, qui voit sa politique sombrer à Constantinople, tandis que celle de l'Angleterre triomphe, etc. 7° Enfin proposition de la Russie de réunir une *Conférence diplomatique*, pour résoudre cette nouvelle phase de la séculaire *Question d'Orient*.

Asie. — En *Sibérie*, les moujiks russes affluent toujours vers les régions de l'Amour, où le gouvernement se propose de rétablir la « vice-royauté d'Extrême-Orient ». Ce titre tendancieux avait disparu avec la prise de Port-Arthur par les Japonais.

Le *Japon*, oubliant le conflit américain, reçoit avec honneur la flotte des États-Unis. Il continue ses progrès, notamment en marine commerciale, faisant concurrence aux services européens de transport jusqu'en Europe même, en Amérique et partout. Son organisation scolaire se complète.

Chine. La Mandchourie est travaillée par la lutte économique des Japonais, des Russes et des Chinois. D'autre part, le Tibet rentre sous la dépendance de l'Empire du Milieu. Celui-ci vient de perdre à la fois, en novembre, son empereur Kouang-Siou, prince fainéant, et l'impératrice-mère Tsou-Hsi, qui, pendant quarante ans, a tenu les rênes du pouvoir absolu. Le successeur est un enfant de deux ans, Pou-Y, neveu de l'empereur défunt ; il règnera sous la tutelle de son père, le prince Tchoun, que l'on croit favorable aux étrangers.

En *Indo-Chine* française, comme aussi dans l'*Inde* anglaise, il y a des ferments de discorde et des tendances à une plus grande autonomie. Les revendications nationales, activées par les succès japonais, se font jour et ne laissent pas que d'inquiéter les possesseurs. Sur les frontières de l'Afghanistan, les Anglais ont guerroyé, avec succès d'ailleurs, contre des pillards de la montagne.

La *Perse* est en pleine révolution. Le shah Ali-Mirza, prince faible, flottant entre le parti des « Jeunes-Persans » et celui des Vieux-Musulmans, avait supprimé, puis rétabli et supprimé encore la Constitution octroyée par son père. Les « Jeunes », mécontents, se sont insurgés à Tauris, à Ispahan, même à Téhéran, d'où résulte une anarchie complète qui menace le royaume de dislocation, si l'action diplomatique de la Russie et de l'Angleterre ne parvient pas à rétablir l'ordre.

En *Turquie d'Asie*, la question dominante est celle du chemin de fer de Constantinople, ou mieux d'Adana, à Bagdad, autour de laquelle s'agitent les influences allemande, russe et anglaise.

En *Arabie*, on voit se terminer le rail qui conduira les pèlerins musulmans de Damas à la Mecque, nonobstant l'hostilité des Bédouins, qui tiennent à l'antique usage du chameau.

Afrique. — Nous voici au *Maroc*, où l'auteur du Bilan détaille les événements qui mirent aux prises l'action militaire de la

France contre les révoltés de Casablanca et les pillards d'Oudja ; plus encore les insuccès du sultan Abd el Aziz, qui, malgré l'appui moral des puissances signataires du traité d'Algésiras, finit par céder le trône à son oncle Moulay-Hafid, ex-gouverneur de Marakesch. Le sectarisme musulman a battu les combinaisons de la politique européenne ; mais pour combien de temps ?

Rien de bien neuf en *Algérie*, où les relations commerciales s'accroissent ; en *Tunisie*, où prospèrent les cultures et l'extraction des phosphates ; en *Tripolitaine*, où se continue clandestinement le vieux jeu de la traite des nègres soudanais pour la Turquie.

Quant à l'*Égypte*, à côté de son développement industriel, cultural et commercial, sous l'égide britannique, il faut signaler, comme en Asie, des tendances à l'indépendance nationale, nonobstant les leçons de son histoire. Au *Soudan*, les Anglais ont complété la voie ferrée du Nil à la mer Rouge par la création de *Port-Soudan*, situé à 48 km nord du port de Souakin, reconnu insuffisant.

En *Afrique occidentale*, du Sénégal au Congo, les colonies françaises, anglaises, portugaises et allemandes continuent à se développer économiquement, surtout la *Nigérie*, le *Cameroun* et le *Congo français*.

L'État indépendant du Congo devient, comme nous l'avons vu, la Colonie du *Congo belge*. Ce vaste territoire colonial est divisé en 14 *districts*, qui sont ceux de *Banana*, de *Boma*, de *Matadi* et des *Cataractes*, sur le bas fleuve ; ceux plus étendus de *Stanley-Pool*, de l'*Equateur*, des *Bangalas*, de l'*Ubangui*, de l'*Uellé*, de l'*Aruwimi*, à l'ouest et au nord ; la grande *Province Orientale*, depuis les Falls jusques et y compris le Katanga ; au centre et au sud, ceux du *Lac Léopold II*, du *Kassaï* et du *Kwango*.

Juridiquement, le Congo belge a une personnalité distincte de celle de la métropole. Il est régi par des lois particulières, edictées par le Parlement belge et sanctionnées par le Roi.

L'actif et le passif de la colonie demeureront séparés de ceux de la Belgique. Des lois spéciales stipuleront à nouveau les droits et la liberté des indigènes. Les Belges, les Congolais immatriculés (il y en a déjà près d'un million) et les étrangers jouissent de tous les droits reconnus par la législation congolaise.

Le gouvernement colonial général protège spécialement les populations indigènes, les entreprises des missionnaires chrétiens, les œuvres charitables et scientifiques, les explorateurs.

La loi est souveraine. Le Roi exerce le pouvoir législatif par des décrets, rendus sur la proposition du Ministre des Colonies, et le pouvoir exécutif, par voie de règlements et d'arrêtés, promulgués dans les deux langues française et flamande.

Le Roi est représenté dans la Colonie par un Gouverneur général, assisté de Vice-Gouverneurs. A Bruxelles siège, sous la présidence du Ministre des Colonies, un conseil colonial composé de 14 membres, dont 8 nommés par le Roi et 6 par la Chambre. Le Roi fait les traités, qui sont contresignés par le Ministre des Affaires étrangères de Belgique.

A part ces nouvelles dispositions gouvernementales, l'organisation administrative, judiciaire, militaire, ecclésiastique est conservée.

Le budget de la colonie est pour cette année de 40 millions de francs, qui sont surtout le produit des douanes, des domaines, en moindre partie des impôts en nature, en travail ou en argent (monnaie spéciale), exigés des indigènes inscrits aux rôles des prestations, au nombre d'environ un million.

La force publique est de 15 000 noirs enrégimentés, encadrés par 200 officiers et sous-officiers belges. Le commerce général atteint 100 millions de francs, dont les trois quarts avec la Belgique.

Passons l'*Angola* portugais et le *Sud-Ouest africain* allemand, et pénétrons dans l'*Afrique australe* britannique. Là se discute la question d'une confédération effective entre les colonies du Cap, de Natal, du Transvaal et de l'Orange, ayant pour but tout d'abord la suppression des douanes intercoloniales, préjudiciables au commerce. La voie ferrée du Cap au Caire projette un embranchement qui pénètrera au Katanga congolais pour l'exploitation des mines de cuivre, d'étain, même d'argent et d'or, récemment découvertes.

Rien d'important à signaler pour *Madagascar*, le *Mozambique* et les colonies allemandes, anglaises et italiennes de l'*Afrique orientale*.

Amérique. — Le chapitre américain du « Bilan de 1908 » s'ouvre par une intéressante exploration danoise des côtes nord-ouest du *Groenland* : elle a pu enfin, comblant la lacune qui existait en cet endroit, prouver que le Groenland est bien une île. Malheureusement, l'héroïque capitaine Erichsen et deux de ses compagnons y sont morts, victimes de leur dévouement à la science.

Le *Canada* a célébré, par de grandes fêtes religieuses et patriotiques, le troisième centenaire de la fondation de Québec, sa capitale primitive.

Aux *États-Unis*, où le président Roosevelt a pour successeur son ami M. Taft, la ville de New-York a fêté le centenaire de l'érection de son diocèse, qui compte aujourd'hui près de 1 500 000 catholiques, la plupart Irlandais d'origine. La statistique donne actuellement aux États-Unis environ 14 millions de catholiques, chiffre respectable sans doute, mais qui laisse une énorme majorité de 70 millions d'adhérents aux sectes protestantes, dont aucune toutefois n'atteint le chiffre des catholiques.

Qui a fondé New-York ? Il paraîtrait bien que c'est une colonie belge, partie en 1622 d'Avesnes, alors en Hainaut belge. Les Hollandais et les Anglais y sont venus ensuite.

L'immigration européenne a diminué notablement l'an dernier. Les *krachs* ont été nombreux et formidables, se chiffrant par des milliards de francs en ce pays d'audacieux, où sept hommes, réputés « rois du rail », détiennent entre leurs mains 272 000 kilomètres de chemins de fer, soit les trois quarts de ceux de la grande République.

Le *Mexique* est calme ; l'*Amérique centrale* agitée, selon ses habitudes ; au *Panama*, le canal se crense à coups de millions, en bonne partie gaspillés ; aux *Antilles*, la race blanche fait place aux noirs ; *Haïti* expulse son président nègre ; la *Martinique* rebâtit sa ville de Saint-Pierre.

Voici le *Brésil*, qui fournit les deux tiers du café consommé sur le Globe, et dont la population dépasserait vingt millions d'habitants ; le *Vénézuela*, d'où le président Castro a fui en Europe, devant les revendications justifiées de la Hollande. La *Colombie*, l'*Équateur*, le *Pérou*, la *Bolivie* et le *Chili* sont en paix.

Le *Paraguay* a eu sa petite révolution, tandis que l'*Uruguay* continue la préparation de l'extrait de viande Liebig. L'*Argentine* accueille toujours de nombreux émigrants et prolonge ses voies ferrées dans les directions où il y a des cultures à faire, non seulement de céréales, mais encore de la vigne et de la betterave sucrière.

Océanie. — En *Australasie*, le Parlement fédéral se dispose à faire les frais d'une marine et d'une armée nationales, pour aider au besoin la métropole, en suppléant soit à son insuffisance, soit à son éloignement, en cas de guerre imprévue.

L'agriculture est prospère. La *Nouvelle-Zélande* se tient toujours à l'écart du « Commonwealth » des six autres colonies australasiennes.

Les *Indes néerlandaises* ont été troublées par des émeutes d'indigènes. Aux îles *Philippines*, l'organisation catholique se complète, grâce à des missionnaires belges et autres.

Signalons, pour finir, des projets d'expéditions polaires antarctiques, organisées en France, en Écosse, en Amérique, en Russie, tandis que la Belgique crée à Bruxelles un *Institut polaire international*.

A. Monnois.

VIII

Les Sociétés Françaises de secours mutuels. — A travers la Mutualité. Étude critique sur les sociétés de secours mutuels, par A. Weber. Un vol. in-8° de XII-298 pages. — Paris, Librairie des sciences politiques et sociales, 1908.

Il y a quelques mois, M. A. Weber a publié, sous le titre *A travers la mutualité*, une étude critique sur les Sociétés françaises de secours mutuels, étude savante, documentée, impartiale, écrite de façon alerte et mettant en vive lumière les défauts qui les entachent, les erreurs dans lesquelles elles vivent, les dangers qui menacent leur avenir.

A la suite de M. Weber, faisons un voyage au pays de la Mutualité Française ; nous y apprendrons qu'on y a trop sacrifié à l'idéalisme, qu'on y a négligé continuellement les contingences matérielles, et que c'est surtout à la façade de l'édifice mutualiste qu'on a accordé toute attention en négligeant son architecture et même sa solidité.

M. Weber est un bon médecin qui veut établir un exact diagnostic et tracer les règles d'un traitement réparateur. Il se voue volontiers aux anathèmes de son malade, car il lui est sincèrement dévoué. Il est convaincu, d'ailleurs, que la mutualité est une force sociale d'une grande puissance, d'une puissance infinie, même, affirme-t-il, et qu'on a le droit d'en attendre les plus merveilleux effets à condition que l'énorme effort produit soit mieux coordonné et mieux dirigé.

Du principe mutualiste se réclament les Sociétés d' « Assurances mutuelles », les Sociétés de « Coopération » et surtout les Sociétés de « Secours mutuels ». Les sociétés de secours mutuels doivent surtout être étudiées ; aussi bien, à leur sujet, on doit s'occuper accessoirement des autres organisations de la mutualité et, au reste, depuis quelque temps elles prétendent pouvoir exercer toutes les attributions et combiner tous les services que se partagent les autres groupements mutualistes. La société de secours mutuels s'efforce de devenir, comme disait Léon Say, « la cellule embryonnaire autour de laquelle toutes les autres Sociétés de Prévoyance doivent se grouper » ; elle est, en principe, une association de personnes et de capitaux pour l'amélioration de la condition morale et de la situation économique des participants. A la vérité, la chose est loin d'être absolument neuve : les hommes, à toutes les époques, ne se sont-ils pas associés pour travailler, pour s'amuser, pour prier, pour se porter une aide réciproque dans le malheur, pour se soigner, pour se rendre les derniers devoirs ?

Ce n'est pas le lieu de refaire l'histoire des Guildes, des Corporations et des Sociétés de compagnonnage, des Confréries, des Jurandes et des Maîtrises. La Révolution écrasa tout cela et, par une mesure réactionnaire, émietta les travailleurs et les mit à la merci de la seule loi de l'offre et de la demande. Le premier Empire en 1810 acheva cette œuvre de destruction en frappant les associations qui, sous prétexte d'exercices religieux, éludaient la loi et se réunissaient fréquemment.

Cependant, une cinquantaine d'anciennes Confréries professionnelles réussirent à subsister en se dissimulant, ainsi que certains groupements à caractère confessionnel. Autour de ces anciennes Sociétés de Prévoyance et de Mutualité, de nouvelles naissent peu à peu. Les corps de métiers se reforment invinciblement en sociétés de secours mutuels, bien que l'acte d'association reste un délit. Une loi, en 1850, un décret, en 1852, affranchissent les sociétés de secours mutuels de la prohibition commune, mais les maintiennent sous une étroite tutelle : ce fut une étape décisive. Dorénavant, elles jouissent de la personnalité civile, de l'aide et des subventions de l'État ; elles sont encouragées, mais en même temps surveillées, et une distinction un peu arbitraire s'établit entre elles ; Sociétés déclarées d'utilité publique, Sociétés approuvées, Sociétés autorisées. Éventuellement, leur rôle devait se limiter aux soins en cas de maladie ; quelques-unes seulement, grâce à la générosité de leurs membres

honoraires, eurent assez de ressources pour admettre, à titre complémentaire, le service de la retraite. Quant à établir des liens entre les différentes sociétés, l'autorité entendait l'éviter, et ainsi se préparait l'éparpillement des forces mutualistes.

L'Empire, considérant les sociétés de secours mutuels comme un instrument de propagande gouvernementale ou un dérivatif à la constitution de groupements politiques, s'efforcera de les encourager. En 1852, il constitua, par prélèvement sur le produit de la vente des biens de la famille d'Orléans, une dotation de 10 millions dont les revenus étaient destinés à aider les sociétés dans certaines circonstances critiques. Les intérêts de cette dotation ne furent pas tous employés ; les revenus furent consolidés en 1856 à fr. 510 000 et, sur ces revenus, fr. 200 000 furent affectés à la constitution d'un Fonds de Retraites au profit des sociétés approuvées qui s'engageraient à consacrer à ce Fonds une partie de leur capital de réserve. Ce Fonds, qui peut s'accroître par des dons et des legs, est déclaré intangible, inaliénable ; les sociétés ne disposent que de son usufruit. C'est un fait capital, d'une portée considérable ; l'État est entré dans un engrenage. Tous les revenus de la dotation d'abord, puis des crédits budgétaires grossissants n'arriveront pas à satisfaire les besoins et les revendications de l'armée mutualiste. En 1881, le Gouvernement allouait fr. 320 000 ; en 1908, il a alloué fr. 2 725 000. Mais la mutualité ne laisse pas de conquérir, par ailleurs, d'autres avantages.

Le décret qui en 1856 institua le Fonds de Retraites, avait décidé que les pensions des mutualistes seraient servies par la Caisse Nationale des retraites pour la vieillesse. Pour relever ces pensions, dont la moyenne s'était abaissée, par an et par rentier, à fr. 71,77, la loi de Finances ouvre au budget, en 1893, un crédit de fr. 400 000. En 1894, la moyenne des pensions tombe à fr. 71,17 et le crédit est porté à fr. 1 200 000 ; il est ensuite abaissé, puis progressivement relevé par l'obligation de calculer les rentes au taux de 4 1/2 %. En 1908, le crédit s'élève à fr. 1 275 000.

Depuis 1852, la Caisse des Dépôts et Consignations sert un intérêt de 4 1/2 % pour les sommes que lui versent les sociétés. A partir de 1885, elle ne peut plus maintenir l'équilibre entre le revenu de ses placements et le revenu à payer au compte mutualiste. L'État a dû combler le déficit par des apports croissants. Un crédit de fr. 3 325 000 a été voté pour bonifier à

4 1/2 % les intérêts dus, en 1908, aux placements des sociétés de secours mutuels.

En 1895, une loi a attribué aux sociétés approuvées possédant un Fonds de Retraites les 3/5 des comptes des Caisses d'épargne atteints par la déchéance trentenaire. D'où des allocations qui n'ont pas dépassé annuellement fr. 150 000.

Les sociétés reçoivent encore des subventions départementales et communales, qui, en 1903, se sont élevées à fr. 904 904.

De 1856 à 1903 les sociétés approuvées ont reçu des dons et legs affectés spécialement aux Fonds de Retraites pour un montant de fr. 3 681 703,69.

Mais ce qui par dessus toutes les autres libéralités fait vivre les sociétés, c'est la participation active des membres honoraires qui, dans les seules Sociétés approuvées, ont atteint, en 1903, fr. 3 306 105,35.

Un immense effort législatif et patronal — le membre honoraire est le plus souvent le patron — a donc été accompli au profit des sociétés de secours, mais il n'a pas provoqué une augmentation correspondante de l'effort personnel du mutualiste pratiquant, bien au contraire. La cotisation des membres participants décroît d'année en année ; elle ne suffit pas même à elle seule à couvrir la seule assurance élémentaire contre la maladie. Les ressources extraordinaires ont seules permis, sauf pour les sociétés peu nombreuses qui n'ont d'autre objet que la pension de retraite de leurs membres, de constituer le patrimoine de la mutualité qui s'élève aujourd'hui à environ 300 millions de francs. Le fondement de l'Institution est non pas le principe scientifique et rationnel de la « Mutualité », mais une modalité de l'assistance publique et de la charité laïcisée.

Un fait caractéristique se dégage des statistiques, c'est l'immense développement de la mutualité officielle que l'État patronne et subventionne par comparaison avec la mutualité non subsidiée. En vingt ans, de 1882 à 1902, l'effectif des mutualités libres ne s'est accru que de 100 000 membres environ tandis que les largesses gouvernementales ont attiré un million d'adhérents nouveaux.

Au 31 décembre 1903, l'effectif total des membres des sociétés approuvées et libres était officiellement estimé à 2 120 576 ; mais ce n'est pas là le nombre réel des véritables mutualistes ; il convient d'en déduire les membres des sociétés spéciales de retraite, environ 300 000, et environ 400 000 unionistes ou réassurés qui sont comptés deux fois dans le chiffre global de

2 120 576. Le nombre des membres participants peut être estimé, et très largement, à 1 403 855 ; il ne comprend pas les 563 047 affiliés aux mutualités scolaires qui ne sont en réalité que des mutualistes en perspective.

L'examen analytique des statistiques conduit à cette constatation qu'une société de secours mutuels de 60 membres participants se trouve dans les conditions de nombre les plus fréquentes. C'est vraiment insuffisant pour un fonctionnement rationnel et économique.

D'autre part, il est acquis que pendant les trois dernières années de la statistique et malgré les apparences, la population mutualiste n'a cessé de décroître et cependant le nombre des sociétés augmente continuellement.

Au 31 décembre 1903, la population exacte honoraire des sociétés de secours mutuels proprement dites était de 313 317. Il faut remarquer qu'au cours de la période 1856-1902, la densité honoraire a diminué ; la proportion des membres honoraires est en décroissance continue. Cette diminution est un fait brutal évoquant un grave péril, car l'œuvre mutualiste serait frappée à mort si les membres honoraires lui retiraient leur appui.

La mutualité réduite à ses propres forces serait en perte de 10 000 000 par an ; en 1903 le montant des cotisations et des droits d'entrée des membres actifs était de 30 000 000 environ seulement, alors que les dépenses se sont élevées à 40 251 331 fr. Le déficit a donc été de 27 % du montant des dépenses, mais il a été largement couvert par des recettes extrasociales dont voici le tableau :

Cotisations honoraires	3 898 224,02
Dons manuels et legs aux sociétés qui n'ont pas de Fonds de Retraites	4 481 234,72
Dons et legs aux Fonds de Retraites	217 691,25
Produit du Fonds de la dotation	693 565,49
Subventions pour versements	1 989 358,00
Bonification d'intérêts	2 537 052,77
Majoration de pensions	612 938,00
Subvention de maladie	334 652,50
Subventions départementales et communales	904 904,00
Fonds personnels des Caisses d'Epargne	140 875,10
Recettes diverses provenant de la générosité publique (conférences, fêtes, tombolas, etc.)	5 094 802,82
	20 905 298,67

C'est à l'augmentation de ces recettes extrasociales que sont consacrés tous les soins et toute l'activité du monde mutualiste. C'est sur leur développement que l'on fonde l'avenir de l'Institution et, cependant, il reste et il restera toujours un écart considérable entre ces ressources si diverses et si remarquables et les espérances conçues par la « Mutualité ». Considérons les vœux qu'elle formule.

Deux vœux ont été soumis simultanément au premier Congrès International de la Mutualité tenu à Paris en 1900, vœux qui ont été maintes fois représentés depuis. Les voici :

Vœu toujours adopté	Vœu toujours repoussé
« Que les Gouvernements sans s'ingérer dans les règlements intérieurs des sociétés et tout en les laissant libres de leur essor, votent des dotations importantes dont la répartition ira aux Caisses de secours dans la plus large proportion. »	« Que les sociétés de secours mutuels cherchent dans un avenir prochain, à s'affranchir de la tutelle de l'État en se créant des ressources personnelles et en ne lui demandant plus aucune subvention. »

La tendance est nettement accusée. Les mutualistes demandent qu'une somme de 10 000 000 de francs soit inscrite dans la Loi des finances comme encouragement nouveau à la mutualité, cette somme étant déduite des crédits affectés à l'assistance publique.

Des réductions de tarifs sont réclamées, des exonérations d'impôts sont sollicitées pour les locaux occupés par les sociétés, pour les dons et les legs qui leur sont faits. Ce sont d'autres vœux encore : que les pharmaciens mutualistes soient exonérés de la patente, que les biens en déshérence, des déposants aux caisses d'épargne soient entièrement dévolus aux sociétés.

De nombreuses propositions tendent à supprimer l'inaliénabilité du Fonds commun. Il s'agit, dit-on, d'organiser la mutualité en vue de sa coopération à la constitution des retraites ouvrières. La mutualité n'a pas laissé de réclamer la majoration progressive des pensions mutualistes par l'État ; elle se demande maintenant si tous les avantages que la loi a consacrés à son profit pourraient lui être maintenus sous le régime de l'assurance obligatoire contre la vieillesse ; d'où une quantité de vœux qu'il est inutile de dénombrer et de préciser.

La mutualité est ambitieuse, mais montre-t-elle dans son

budget des dépenses une sagesse proportionnée à ses ambitions ?

On a dit et répété que dans les sociétés de secours mutuels les frais de gestion sont nuls à cause de la gratuité des fonctions et du dévouement bénévole des sociétaires. La Prévoyance ne coûterait rien ! Rien n'est moins vrai. La gestion des sociétés de secours mutuels les mieux organisées et les plus sérieuses comporte des dépenses qui, bien que dissimulées, sont absolument exagérées et cette situation va de mal en pis pour l'ensemble de la mutualité, car le nombre des sociétés augmente et celui des adhérents diminue.

Les sociétés approuvées supportent 13,22 % du total des dépenses comme frais généraux, les frais de médecins ne s'y élèvent qu'à 12,80 %. Dans les sociétés libres la gestion absorbe 20,20 % des frais généraux ; les frais de médecins y sont de 16,46 %. Il faut remarquer, quant aux sociétés approuvées, que les dépenses sont masquées, telles celles supportées par les différentes administrations publiques qui sont caissières, comptables et banquiers de la mutualité officielle.

La gestion n'est pas gratuite. La mutualité entretient un personnel salarié ou rémunéré nécessaire à son fonctionnement ; d'autre part, la propagande lui coûte. Des aléas se sont produits. Les sociétés de secours mutuels dépensent plus que les sociétés d'assurances qui font commerce de la prévoyance.

Les dépenses de la mutualité vont toujours croissant, ce qui résulte des plus grandes exigences et des moindres scrupules du sociétaire et d'une orientation nouvelle de l'Institution. Au début, on pratiquait l'assistance sans la masquer d'aucun artifice et les frais médicaux étaient presque nuls. Mais la mutualité a quitté les sentiers de la fraternité et de la charité ; elle a conquis des privilèges et proclamé des droits, et il s'agit bien moins d'épargner le fonds social que d'exiger sans cesse de nouveaux avantages. Devant la mise en demeure, un procédé qui lui devient habituel, les résistances se sont organisées et les honoraires médicaux et les frais pharmaceutiques se sont élevés. Aujourd'hui les sociétés de secours ont fort à faire pour soutenir simplement leur rôle par excellence, assurer leurs membres contre la maladie. Dans ces conditions, la mutualité n'a pu jusqu'à présent qu'amorcer le service des Retraites et elle verse de moins en moins au Fonds commun inaliénable. On peut dire que les sociétés ont échoué dans cette partie de leur tâche et

que les pseudo-retraites qu'elles constituent ne répondent aucunement aux belles espérances conçues.

Après avoir exposé la situation — que nous avons résumée ci-dessus — des sociétés de secours mutuels, M. A. Weber se livre à quelques commentaires et parle de quelques réformes indispensables.

Selon lui, des tares profondes et incontestables affligent la mutualité : éparpillement des effectifs, insuffisance des cotisations, exagération des frais de gestion, interventionnisme, absence de principes dirigeants, inéducation générale des mutualistes.

M. A. Weber s'étend longuement sur l'interventionnisme.

C'est le cas de dire ici que les mots ont leur valeur, qu'il faudrait leur réserver leur sens propre et ne point s'écarter de leur expression littérale. Mutualité veut dire réciprocité et non pas fraternité, ni charité. En lisant M. A. Weber disputant sur les avatars de la terminologie mutualiste et montrant comment abusivement on a affublé la charité du manteau de la solidarité pour l'introduire dans les œuvres mutualistes, je me rappelle Brunetière et son discours de combat sur cette même solidarité dont on a fait de nos jours un vocable sonnant et pompeux couvrant tant d'idées creuses et de déclamations.

La masse des mutualistes, à force d'entendre proclamer que toutes les contributions accordées par des tiers à leur groupement leur sont dues « par solidarité », a fini par voir, en quelque sorte, dans ce mot, l'expression d'un droit de créance de la multitude sur les possédants.

Or la Mutualité de Prévoyance doit, en réalité, être considérée comme une manière avantageuse de coordonner un grand nombre de petits efforts libres et indépendants dans le but de faire bénéficier chacun d'eux du maximum de résultats possible. L'intervention de la bienfaisance privée et publique est de nature à faire courir un grave péril à la mutualité en lui enlevant le caractère de stabilité qui seul permet de prévoir des opérations précises et continues.

M. A. Weber étudie une des formes spéciales de l'interventionnisme, « les récompenses mutualistes » dont le coût annuel dépasse fr. 100 000. Stimulées par l'appât de distinctions extérieures, les bonnes volontés se sont multipliées et des légions de philanthropes se sont reconnu soudain la vocation et la compétence voulues pour fonder ou administrer des Sociétés de secours mutuels. Défenseurs jaloux de l'autonomie de groupes

infimes, toute une théorie d'apôtres insoupçonnés ont travaillé à la dispersion des forces mutualistes.

On a totalement oublié, dit M. A. Weber, que la mutualité doit être organisée non pas d'après les caprices des circonstances, mais suivant les lois de la science économique et en respectant les indications de la statistique. Et il indique les bases de la mutualité de secours :

1° Groupements nombreux et homogénéité de la clientèle ;

2° Spécialisation des cotisations ;

3° Proportionnalité entre les cotisations exigées et la fréquence du sinistre prévu ;

4° Proportionnalité entre la cotisation et la grandeur des sinistres à couvrir éventuellement ;

5° Fixation rationnelle, pour chaque groupement homogène, du montant des primes d'après les tables statistiques de morbidité ;

6° Élimination de la contribution aléatoire due à la charité privée ou publique ;

7° Application du taux d'intérêt réel au lieu du taux de faveur déjà menacé et qui disparaîtra tôt ou tard ;

8° Surveillance continuelle de la marche de l'Institution par l'établissement d'*inventaires* périodiques précisant constamment les réserves constituées pour chaque genre d'assurance.

Il convient cependant de constater que les sociétés à leur décharge, n'ont légalement à leur disposition aucun des instruments, tables de morbidité, tables de mortalité, qui leur permettraient de calculer la prime à exiger dans chaque cas.

Les erreurs commises dans le fonctionnement de la mutualité, dans l'orientation qu'on lui a donnée, résultent pour beaucoup de l'incompétence des guides qu'elle eut à ses débuts et aussi du manque d'énergie d'un grand nombre de ceux qui la dirigent actuellement. Il ne faut pas mettre en cause les simples et les croyants dont le zèle et le dévouement sont précieux pour le recrutement des troupes mutualistes, mais les chefs de file, les dirigeants auxquels est dévolu le rôle d'éducateurs, rôle souvent ingrat, sans conteste, qui expose à des manifestations acrimonieuses, mais qu'il convient cependant de remplir avec abnégation.

M. A. Weber estime que la mutualité constitue une réserve immense de forces dont la puissance est encore fort mal utilisée et qu'il est indispensable de ne pas employer inconsidérément ce puissant outil au risque de le fausser. C'est à l'effort intégral

du mutualiste et à des compétences autorisées qu'il faut faire appel. A son sens, les sociétés doivent être partagées en deux groupes : les prévoyants subsidiés, les mutualistes réels. Les premiers, incapables d'être les seuls ouvriers de leur sécurité, seraient sciemment agrégés à des sociétés participant à la générosité privée ou publique, et ils bénéficieraient ainsi d'une assistance au second degré.

Je ne suivrai pas l'auteur dans ses développements au sujet d'une constitution rationnelle de la mutualité française, je serais obligé d'entrer dans des détails ayant trait à son organisation actuelle, ce qui m'entraînerait à dépasser les limites que j'ai assignées à ce compte rendu. Je retiens cependant une appréciation qui fait honneur à la façon dont le rôle des sociétés mutualistes a été entendu en Belgique au regard du problème des retraites. En matière de retraites, dit M. A. Weber, la société de secours ne saurait être qu'un foyer de propagande et un collecteur de cotisations. Celles-ci seront reçues et gérées par une caisse spéciale.

Le livre de M. Weber constitue un document considérable. Tous ceux qui s'occupent de prévoyance sociale ou s'y intéressent le liront avec grand profit et, l'ayant lu, sauront gré à l'auteur de la clarté de son exposition, de la netteté de ses appréciations et de son ardeur à réclamer, pour le plus grand bien de la mutualité, un fonctionnement qui dépende de principes scientifiques. B.

IX

Institutiones Metaphysicæ Specialis quas tradebat in Collegio Maximo Lovaniensi P. Stanislaus De Backer, S. J. Tomus IV. Theologia Naturalis. Un vol. in-8° de x-396 pages. — Paris, Beauchesne et Cie, 1908.

Voici un beau livre et d'une lumineuse clarté. La pensée du R. P. De Backer habite décidément un palais diaphane ; c'est un éloge auquel elle se crée un droit plus évident à mesure qu'elle se dévoile au public et se déroule harmonieusement à travers les Provinces classiques de la Philosophie : Cosmologie, Psychologie inférieure, Psychologie supérieure, Théologie naturelle. Celle-ci, la dernière venue parmi les productions d'un écrivain dont le nom représente aujourd'hui une œuvre philosophique

déjà importante, nous laisse admirer une fois de plus la « manière » qui restera caractéristique de l'auteur. Seule, une longue pratique de l'enseignement peut apprendre cette ordonnance logique des matières, cette transparence des concepts, cet art aux définitions géométriquement précises, qui, une fois posées, ne sont plus reprises mais continuent d'éclairer la route de leur lumière implacable et nette. C'est que ce livre n'a pas été pensé seulement ; on sent, à le lire, qu'il a été enseigné, pratiqué, vécu pour ainsi dire à plusieurs reprises au cours d'une carrière professorale déjà longue et qui aujourd'hui récolte ce qu'elle avait jadis laborieusement semé. Il a dû, soyez-en sûr, être corrigé, retouché, soumis à une incessante et amoureuse mise au point. Prêt enfin à paraître, il a eu un suprême souci de toilette. Et cette toilette a tout à fait bon goût et n'est pas le moindre charme du manuel idéal dont a voulu nous doter le le R. P. De Backer.

Son œuvre, du reste, est-elle bien un « manuel »? Ceux qui la liront se rendront compte qu'elle est à la fois cela et mieux. Elle est cela par sa maniabilité extrême, par le souci qu'elle révèle d'aplanir la route, de rendre accessibles les sommets ; elle l'est jusque par l'impression immédiate qu'elle donne, par les images qu'elle suggère à la fantaisie de quelque beau domaine dont on foulerait en sécurité les allées larges, tranquilles, un peu sablées même à l'intention du promeneur. Et en même temps elle est mieux par l'examen sérieux et profond des controverses, par la synthèse savante des questions, par la tendance à les ramener aux principes, dans la lumière desquels on les voit se dénouer ensuite en « ces longues chaînes de raisons, toutes simples et faciles » qu'eût admirées Descartes, en sorte que les déductifs trouveront ici leur compte non moins que les analystes. Ces derniers seront ravis de plus d'une belle page, telle p. ex. la dissection pénétrante et rigoureuse du Principe de causalité, la pièce de valeur du chapitre premier. (p. 33 et sq.)

Si j'avais un reproche à faire au penseur distingué qu'est le R. P. De Backer, ce serait celui d'avoir à coups d'idées « claires et distinctes », trop élucidé « Dieu », d'avoir amoindri le mystère qui voile irrémédiablement à nos « espèces » abstraites l'Absolu Divin.... mais, outre que cette clarté illusoire, ce mirage qui dupe l'esprit par un simulacre de « compréhension » sera toujours l'écueil inhérent à une Théologie Rationnelle, l'auteur ne nous avait-il pas loyalement mis en garde contre nos habitudes de « compreneurs » et sa propre habileté didactique,

en insistant dès l'abord sur le caractère inéluctablement analogique de la notion de Dieu ? (p. 13.) A celui qui croit emprisonner l'Infini dans le cadre rigide d'un concept il prend soin de rappeler — et ce rappel est opportun aujourd'hui surtout où la Philosophie de Dieu hésite entre l'agnosticisme le plus radical et une problématique expérience immédiate — que sa notion n'est qu'un faisceau d'éléments créés, adaptés à l'objet par le pauvre artifice des négations éliminantes ; et ainsi, Dieu reste bien, comme le veut saint Thomas, enveloppé du voile de notre ignorance qui, pour cette vie, est encore la plus haute manière de s'élever jusqu'à lui : « Remanet in quadam tenebra ignorantiæ, secundum quam ignorantiam, quantum ad statum viæ, optime Deo conjungimur. » (In I Sent. Dist. VIII, q. I, art. 1, ad 4m.) Il y a du reste dans l'ouvrage du R. P. De Backer une thèse d'un « agnosticisme » de bon aloi et d'une louable franchise bien faits pour dissiper, s'il était besoin, nos dernières illusions de « gnose » parfaite. Nous visons la thèse XXIV ; l'auteur y rencontre la célèbre question de la connaissance par Dieu des actes libres se rapportant à un avenir conditionné. Que d'arènes, — et combien illustres ! — ont retenti du bruit de cette vaine querelle ! Qui ne se souvient ? Lemos contre Valentia, Bastida contre Lemos ! On s'escrimait à propos de l'insondable ! On s'injuriait sur l'insoluble ! Oiseuses passes d'armes ! On l'avoue enfin.

Aux prétentions ambitieuses de l'intelligence humaine, le P. De Backer signifie leur radicale incompétence : aux explications positives, il oppose une fin de non-recevoir, aussi ferme que polie. Molina est éconduit non moins que Bañez. Nous avons d'autres soucis, d'autres pensées. Nous avons surtout mieux conscience de nos « limites ». Certaine philosophie que Renan appelait irrévérencieusement « un amalgame bizarre d'outrecuidance rationnelle et de crédulité » semble de moins en moins possible. Justifier, comme on osa l'entreprendre, les prédéterminations physiques par Aristote, paraîtrait aujourd'hui une philosophie d'halluciné. Il faut savoir gré au R. P. De Backer de la position si nette et loyale qu'il adopte. Il y a un très réel mérite à cet aveu d'ignorance ; c'est une forme de science très circonspecte et qui en est à la période critique.

Ceci me permet de signaler un autre mérite — non le moindre — de l'œuvre du P. De Backer ; c'est qu'elle est un effort sincère vers la probité intellectuelle absolue. L'auteur sait respecter une pensée hostile à la sienne, Il sait ne pas la tra-

vestir mais l'exposer, la citer au besoin. Rien ici de ces « raccourcis » déformants, de ces « signalements » burlesques où nos adversaires refusent avec une légitime indignation de se reconnaître et qui les laissent perplexes entre notre ignorance et notre mauvaise foi. Ces procédés graphiques par trop sommaires devraient une bonne fois disparaître de nos manuels. Le moindre inconvénient d'une telle tactique, c'est qu'on continue à charger des fantômes, à dompter d'invraisemblables monstres. Trop vraie encore, la réflexion mélancolique que le R. P. De Munnynck émettait en 1899 dans la Revue Thomiste : « Que de manuels hélas ! réfutent péniblement ou même déclarent irréfutables des systèmes que jamais personne n'a défendus ! » En voici un d'une bonne foi parfaite et d'une science qui est « up to date ». On s'en assurera en parcourant l'excellent « Index Analyticus » qui le termine. A côté de noms tels que celui d'Amaury de Bènes, de Jacob Böhme, de Giordano Bruno, en figurent d'autres appartenant à la philosophie la plus récente : Hartmann, Richet, Sully-Prudhomme, Xavier Léon. Des notes au bas des pages ou intercalées dans le texte renvoient aux ouvrages cités ; cela fera plaisir aux esprits prudents — leur nombre va croissant chaque jour — qui aiment à contrôler la science à ses sources mêmes. Les références du R. P. De Backer leur sembleront en même temps d'une sobriété de bon goût ; rien d'une averse de notes bibliographiques, d'un déballage de fiches simulant l'érudition. Et puisque nous en sommes à ces broutilles de la critique, l'auteur me permettra-t-il de lui signaler à la page 18 un texte du Subtil que, faute d'indications, on découvrira malaisément dans un des douze in-folio qui portent son nom ? On regrettera également des « Errata » typographiques encore trop nombreux. Le P. De Backer est-il bien sûr que le « νοῦς » d'Anaxagore soit à identifier au Dieu Personnel, au « moteur immobile » d'Aristote ? Ne s'est-il peut-être pas trop exclusivement fié au témoignage du Fondateur du Lycée, aujourd'hui passé au crible de la critique la plus sévère ? L'avis de Zévort mérite toujours l'attention la plus sérieuse : « Le Dieu d'Anaxagore n'est qu'un agent universel, une substance générale qui n'est point placée en dehors du monde, mais qui le gouverne en le pénétrant et en s'incorporant à lui. » (La Doctrine et la Vie d'Anaxagore, p. 92). Des autorités telles que Zeller, Windelband, Vorländer ne souscriraient pas non plus au « multis videtur » de la page 239. Mais laissons là ces chicanes. Nous tenons à ne diminuer en rien l'excellente impression que mérite de produire

une œuvre conçue dans un esprit fort large et d'une parfaite exécution. Nous la croyons destinée à rendre les plus précieux services à ceux qu'intéresse encore la Métaphysique de Dieu ; les Théologiens catholiques, soucieux d'étayer leurs discussions textuelles d'un argument de raison, la consulteront avec profit. L'ouvrage est d'une lecture extrêmement aisée ; le style en est simple et limpide ; il fait visiblement effort pour éviter les termes rébarbatifs de l'école ; l'argumentation scolastique n'y rend nulle part « ce bruit d'osselets » que lui reprochait récemment encore le R. P. Allo. En somme, une œuvre très achevée en son genre et qui fait honneur à la conscience scientifique de l'auteur. Nous la recommandons chaleureusement à tous les amis de la philosophie.

FRANÇOIS JANSEN.

X

I. — BREF OCH SKIFVELSER AF OCH TILL CARL VON LINNÉ, utgifna af Upsala Universitet. Första Afdelingen. Del I-II, 2 vol. in-8°, 341 et 347 pp. — Stockholm. Aktiebolaget Ljus. 1907-1908.

II. — BIBLIOGRAPHIA LINNAEANA. Matériaux pour servir à une bibliographie linnéenne, recueillis par J. M. Hulth. Partie I, livraison I. 1 vol. in-8°, 170 pp. et 9 planches. — Upsala, Librairie de l'Université et Berlin, Friedländer, 1907.

I. — A l'occasion du bicentenaire de Linné, l'Université d'Upsal a entrepris, avec l'appui du gouvernement suédois, l'édition complète de la correspondance du grand naturaliste. Les deux volumes qu'on nous présente appartiennent à la première des quatre grandes sections annoncées ; ils sont dûs aux soins érudits de M. Th. M. Fries. Chaque volume est accompagné d'un index alphabétique,

II. — Encore un fruit du centenaire de Linné. Cette publication a été entreprise par M. Hulth, sur l'initiative de la Société Royale des Sciences d'Upsal. La première livraison signale les éditions et rééditions de Linné jusqu'en 1906 ; la seconde livraison de la première partie paraîtra prochainement : elle comprendra la bibliographie linnéenne postérieure à 1906, le dénombrement des lettres publiées, certaines indications complémentaires, etc... Un second tome fera connaître les manuscrits de Linné, puis un troisième ses biographies et les critiques de ses travaux.

J. M.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

ENTOMOLOGIE.

Les ailes des insectes. — Les ailes des insectes ont toujours retenu l'attention des entomologistes ; c'est que, grâce à leurs dimensions, à leur variété, à leur conservation facile, même à l'état fossile, alors que les autres parties du corps sont souvent à peu près méconnaissables, elles offrent de précieux renseignements à ceux qui s'occupent de la classification. Aussi les spécialistes ont-ils souvent fondé la délimitation de quelques groupes supérieurs à l'espèce, sur les particularités que présente cet organe. Mais l'abondance des travaux et le grand nombre des travailleurs, souvent sans communication entre eux, ont donné lieu à une multiplicité fâcheuse de dénominations qui encombrent la mémoire, embrouillent la synonymie et rendent difficile l'étude de cette partie de l'organisme qui pourrait jeter une si vive lumière sur l'ensemble de la classification.

On voudrait voir établir, autant que possible, l'uniformité complète, une correspondance parfaite des veines et des vénules parmi tous les ordres d'insectes. C'est vers ce but que tendent les efforts de plusieurs entomologistes, dont le dernier venu est M. C. Woodworth, de Harvard College de l'Université de Californie. Ce savant a rassemblé les notions recueillies par ses devanciers et s'est efforcé de les unifier au mieux.

Il distingue, dans toutes les ailes, trois veines principales : la veine *marginale antérieure* (la costale ou *costa* des auteurs) ; la veine *primaire* (radius) et la veine *marginale postérieure*. Aux deux côtés de la primaire, il en introduit d'autres qui se trouvent dans les ailes de types plus compliqués ; telles sont, par exemple, l'*antérieure* (subcostale) et les *postérieures* (procubitale ou

mediana, cubitale, axillaire, etc.) ; les différentes branches de celles-ci et, finalement, les veines *indépendantes*, qui partent de la marge et disparaissent, sans se relier aux autres veines principales. Au moyen de ce procédé, on peut aboutir à une formule assez simple et assez uniforme.

En parcourant les divers types d'ailes chez les différents ordres d'insectes, M. Woodworth essaie d'appliquer partout ces dénominations.

Pour les types les plus compliqués, des Orthoptères, par exemple, des Névroptères, etc., il faudra adopter certaines dénominations propres à ces groupes.

Il y a là, sans nul doute, un effort très louable vers l'unification. Pour arriver à ce résultat, l'auteur s'est livré, depuis 1884, à un labeur non interrompu, avec, sous les yeux, deux mille préparations d'ailes d'insectes, et toute la bibliographie relative à cet organe.

Des faits acquis, l'auteur déduit quelques hypothèses. Il cherche d'abord l'origine des ailes et il croit la trouver en suivant le fil phylogénétique, dans les branchies externes de quelques Névroptères. Il propose aussi d'autres interprétations, parmi lesquelles la théorie *mécanique* nous semble très acceptable. D'après cette théorie, la présence, la consistance, la direction, la longueur, etc., des veines des ailes, répondraient à un besoin mécanique, à la résistance que réclame l'effort à réaliser : là où il est besoin d'une action ou d'une résistance particulière, se trouve une veine ou vénule appropriée à cet effet. Quelques-unes servent à maintenir l'aile étalée, d'autres à la plier, etc.

Les Aphodiini de la Péninsule ibérique. — M. l'abbé La Fuente, l'infatigable travailleur bien connu des entomologistes et particulièrement des coléoptéristes, s'est réservé un groupe de coléoptères dont les mœurs et l'habitat n'ont rien d'attrayant. Grâce à ses efforts et à l'aide de ses correspondants, il a pu dresser un catalogue descriptif de tous les Aphodiini connus jusqu'à présent dans la région méridionale qui comprend l'Espagne, le Portugal, les îles Baléares et les Pyrénées. Dans ses tableaux dichotomiques simples et faciles, publiés dans le Bulletin de la Société Aragonaise des sciences naturelles, nous remarquons six genres distincts : *Aphodius* (avec 16 sous-genres) comptant 85 espèces, *Heptaulacus* (2 esp.), *Oxyomus* (1 esp.), *Pleurophorus* (3 esp.), *Rhyssemus* (5 esp.) et *Psammobius* (3 esp.).

Les Scarabées de Portugal. — Parmi les coléoptères qui inspirent le plus de répugnance, il faut citer les scarabées et, parmi ceux-ci, les Coprini (κόπρος, fiente). L'étude de ces derniers est fort curieuse et on a pu lire ici-même les merveilles qu'en raconte M. Fabre.

Or le Portugal, l'un des pays les plus riches de l'Europe en insectes, abonde aussi en formes très variées de Coprini. Leur étude a fait l'objet d'un volume écrit par M. A. F. de Seabra, conservateur au Musée Bocage, à Lisbonne. Ce mémoire comprend 38 espèces et un bon nombre de variétés, dont quelques-unes nouvelles; 6 planches en couleur illustrent les descriptions.

Les Orthoptères et Névroptères de la Hollande. — M. Van der Weele énumère seulement 44 orthoptères des Pays-Bas, dans la revision qu'il vient de publier; ce nombre sera augmenté par l'addition de quelques espèces. En Belgique, M. de Sélys-Longchamps en comptait déjà 47 en 1888. Le climat et le sol, il est vrai, sont plus variés en Belgique qu'en Hollande; de plus, il faut noter que M. Van der Weele retranche de son Catalogue les Forficules, considérées par plusieurs auteurs comme un ordre autonome, sous le nom de *Dermaptera*, tandis que M. Sélys-Longchamps en signale quatre espèces dans la faune belge. Plusieurs des espèces citées par M. Van der Weele le sont pour la première fois dans la faune des Pays-Bas.

D'après le même auteur, on a découvert en Hollande cent et neuf espèces de Névroptères, y compris les Trichoptères, qui forment presque le tiers : trente et une espèces.

Les Orthoptères de la Transcaucasie. — M. Adelung, de St-Pétersbourg, a étudié dans cette région 34 espèces d'Orthoptères, parmi lesquelles il signale cinq espèces inédites et un genre, l'*Eunothrotes*, voisin des *Nocarodes* et *Oenerodes*.

Les Orthoptères de l'Amérique centrale. — La faune orthoptérologique de Costa-Rica était déjà passablement connue par les divers ouvrages des auteurs classiques, Burmeister, Brunner, Saussure, etc., et aussi par les récents mémoires de M. James A. G. Rehn, l'orthoptériste bien connu de Philadelphie, sur quelques familles des Orthoptères. Mais il restait encore beaucoup à faire, et M. Rehn s'est imposé la tâche d'utiliser de nouveaux matériaux fournis principalement par les riches collections de Philadelphie, Washington et par quelques autres appartenant à des particuliers. Il décrit plusieurs espèces nou-

velles avec dessins complets ou partiels, lorsqu'il y a lieu. Il établit aussi la distinction de ces espèces d'avec les autres espèces congénères. Il ajoute la liste des espèces déjà connues de la même région ; de sorte qu'on peut se faire une idée assez complète de la faune orthoptérologique de Costa-Rica.

En ces dernières années, plusieurs naturalistes se sont particulièrement appliqués à l'étude des Forficules, qui avaient été très négligées auparavant. Le mouvement est dû surtout à M. Bormans et, récemment, à M. Borelli, en Italie, et à M. Burr, en Angleterre. Le nombre des espèces connues augmente chaque jour. Les coléoptéristes Schwartz et Barbier, dans leurs excursions en Guatemala, en ont recueilli 18 en tout, lesquelles ont été soumises à l'examen de M. Andrew Nelson Caudell. Dans ce petit nombre, on rencontre treize genres, dont l'un est une nouveauté scientifique, et six espèces inédites.

Les Orthoptères de l'Arizona. — C'est grâce aux recherches de M. James A. G. Rehn qu'on a pu porter à 116 les espèces connues de cette contrée des États-Unis. Les localités explorées sont Cochise, Pima et Phœnix. De ces 116 espèces, 19 sont signalées de l'Arizona pour la première fois, 7 autres le sont pour les États-Unis et 11 sont nouvelles pour la science.

Les Blattes et les Mantes du Soudan. — Sous le titre de *Orthoptera Blattæformia*, le Dr Franz Werner de Vienne (Autriche) publie le résultat de ses explorations au Soudan égyptien et au Nord-Ouganda.

Pour la systématique, il est à remarquer que l'auteur assimile deux groupes voisins d'Orthoptères, et les rassemble sous le nom commun de *Blattæformia*, qu'il divise ensuite en deux grandes sections ou familles, *Blattodea* et *Mantodea ;* puis chaque section est subdivisée en tribus, auxquelles s'applique la terminaison *ida*. C'est la façon usitée par le grand orthoptériste Brunner et par d'autres auteurs.

Si nous conservons le rang de sous-ordre aux *Blattæformia*, si nous adoptons les désinences très employées *idæ* pour les familles, nous aurons *Blattides* (Blattidæ) avec les tribus : *Ectobini, Phyllodromini, Periplanetini, Panchlorini, Corydini, Oxyhaloini Seriphœrini* et les *Mantides* (Mantidæ), d'autre part, avec les tribus *Amorphoscelini, Orthoderini, Mantini, Harpagini, Votini* et *Empusini*. Parmi les Mantiens nous trouvons le genre nouveau *Nilomantis* et plusieurs espèces nouvelles de différentes familles.

Les descriptions nouvelles sont toutes en latin, ainsi que la clé dichotomique des mantides soudaniens.

L'auteur fait, en outre, la revision du genre *Tarachodes* Burm. (Mantide).

Les Decticini (tribu d'Orthoptères) **de l'Amérique du Nord.** — La connaissance des Orthoptères de l'Amérique septentrionale fait de grands progrès. Voici que M. André Nelson Caudell, au Musée de Washington, a entrepris l'étude complète des *Decticini*. C'est une tribu de la grande famille des Phasgonurides (Locustides) difficile à délimiter à cause de la variété de ses formes. La clé des genres est un peu artificielle, l'auteur l'avoue ; mais elle aide beaucoup à l'identification des genres, sinon à l'arrangement linéaire.

Vingt genres sont décrits minutieusement ; ils comprennent plusieurs espèces nouvelles bien dessinées. Il est tenu compte, avec raison, de la valeur des cerci des mâles pour la différentiation spécifique ; plusieurs formes des cerci, avec ou sans l'extrémité abdominale, sont dessinées.

Les matériaux de cette revision mis à la disposition de M. Caudell, se trouvent principalement dans les riches collections des musées de Cambridge (où l'on rencontre les plus riches de toutes, celles de Scudder), de Washington, de Philadelphie, de New-York, et dans les collections particulières de MM. Bruner, Morne et Blatcley.

Les Névroptères des Etats-Unis. — Sous le nom de « Neuropteroids » quelques auteurs comprennent un ensemble d'insectes Névroptères de Linné, divisé en plusieurs ordres. Tel est l'avis de M. Nathan Banks, des Etats-Unis, qui a soigneusement étudié plusieurs groupes et a pu dresser récemment le catalogue général de tous les Névroptères (excepté les Odonates) connus jusqu'à ce jour comme appartenant à ces contrées. Leur nombre est très considérable, et il est permis d'affirmer que sans le zèle tenace de maints investigateurs, il eût été impossible de l'atteindre. Il renferme beaucoup d'espèces exiguës, qui nécessitent une étude fort laborieuse. Voici l'énumération générale :

Ordre *Isoptera* Brullé. Fam. Termitides. 12 espèces. — Fam. Embides. 2 esp.

Ordre *Corrodentia* Burm. Fam. Psocides. 85 espèces.

Ordre *Archiptera* Laporte. Perlides. 122 esp. — Fam. Éphémerides. 102 esp.

Ordre *Neuroptera* Leach. Fam. Sialides. 19 esp. — Raphidides 9 esp. — Mantispides. 7 esp. — Dilarides (sous les Hémérobides). 1 esp. — Hémérobides. 47 esp. — Chrysopides 45 esp. — Conioptérygides. 8 esp. — Myrméléonides. 58 esp. — Ascalaphides. 9 esp. — Panorpides. 31 esp.

Ordre *Trichoptera*. Fam. Phryganides. 24 esp. — Limnophilides. — 101 esp. — Rhyacophilides. 19 esp. — Séricostomides. 34 esp. — Calamocérides. 8 esp. — Odontocérides. 4 esp. — Leptocérides. 54 esp. — Hydropsychides. 66 esp. — Hydroptilides. 25 esp.

Cela fait un total d'à peu près 900 espèces. Ce n'est pas tout, sans doute ; on en trouvera et on en décrira d'autres encore, mais c'est déjà un chiffre très élevé, et bien supérieur à celui du Catalogue publié jadis par M. Hagen.

Nous voyons partout plusieurs espèces nommées par M. Banks, qui depuis quelques années s'applique à l'étude de ces insectes intéressants, et généralement assez négligés. Ce catalogue couronne son œuvre, et complète les mémoires qu'il a publiés, séparément, sur plusieurs groupes.

Les Odonates d'Ontario. — Cette région, favorisée, au point de vue de l'abondance des Odonates, par la proximité des grands lacs, a été explorée avec soin par M. C. M. Walker, de Toronto. Le nombre total des espèces connues jusqu'à présent, s'élève à 37, dont une nouvelle, la *Somatochlora Williamsoni*. Ce nombre étant supérieur d'une vingtaine d'espèces seulement à celles de la Belgique, il est à croire qu'une exploration plus prolongée aboutira à la découverte de plusieurs autres. Le facies de cette faune est tout à fait néarctique ; nous y trouvons néanmoins quelques espèces bien connues en Europe, le *Sympetrum scoticum* Don. et le *Leptetrum* (Libellula) *quadrimaculatum* L. Notons que cette dernière espèce répandue par toute l'Europe, mais peu fréquente dans plusieurs régions, se trouve là en abondance.

Les Cordulines. — On nomme ainsi de jolis insectes appartenant à la famille des Libellulides. Le savant odonatologique M. René Martin les a étudiés soigneusement, à l'occasion de la revision de ce groupe dans les collections de feu de Sélys-Longchamps. Il a complété son étude par la description des espèces qui ne se trouvent pas dans ces riches collections. Nous y remarquons 29 genres et 139 espèces. La superbe monogra-

phie est illustrée, dans le texte, de 99 dessins amplifiés, et de trois magnifiques planches chromolithographiées, hors texte.

Les Myrméléonides de Madagascar. — M. le Dr Van der Weele, de Leiden, a entrepris l'étude de cette intéressante famille de Névroptères, et en a publié un catalogue critique et descriptif. Grâce à ce catalogue, on connaît 18 espèces de Myrméléonides (c'est à peu près le nombre des espèces qu'on a trouvées en Espagne), chiffre sans doute de beaucoup inférieur à la réalité, mais qui s'élèvera lorsqu'on aura mieux exploré la région (1). Parmi ces 18 espèces, sept sont nouvelles et soigneusement décrites par M. Van der Weele dans sa monographie. Il faut noter l'abondance de ces gros Myrméléonides à ailes tachetées, appelés *Palpares ;* on trouve dans le travail de M. Van der Weele cinq espèces de ce genre et deux autres des genres voisins *Stenares* et *Crambomorphus.*

M. Van der Weele attribue une origine indienne à quelques espèces, notamment aux deux nouvelles, *Stenares madagascariensis* et *Palpares pardaloides ;* leur facies est tout à fait semblable aux espèces de l'Inde.

Les Conioptérygides. — Les Conioptérygides, ainsi nommées à cause des écailles, sous forme de poussière, qui couvrent leurs ailes, sont de très petits Névroptères, voisins des Hémérobides. La plupart des entomologistes les avaient quelque peu négligés, à cause de leur extrême délicatesse et de la difficulté de leur capture, de leur préparation et aussi de leur conservation. Mais le Dr Enderlein, auteur d'une étude très complète sur les Psocides, élevés par lui au rang d'ordre sous le nom de Copéognathes, et très semblables aux Conioptérygides par leur taille, a pu mener à bonne fin la monographie de ces insectes dont l'envergure ne dépasse guère, fréquemment, cinq millimètres.

La monographie de M. Enderlein est attrayante. Elle commence par l'exposé d'une technique simple, pour l'étude au microscope de tous les organes de ces insectes lilliputiens ; elle donne après cela la description détaillée de ceux-ci, à laquelle fait suite la partie systématique.

D'après l'auteur, la famille des Conioptérygides comprend 39 espèces (dernièrement M. Banks en a décrit six autres néar-

(1) Dès maintenant, il faut ajouter les deux espèces que j'ai décrites postérieurement : *Acanthaclisis ustulata* et *Creagris litteratus.*

tiques) éparses par le monde entier. Elle peut être divisée en deux sous-familles : Coniopterygiinæ et Aleuropterygiinæ. La première comprend les tribus Conwentziini et Coniopterygini et la seconde les tribus Coniocompsini et Aleuropterygini.

Plusieurs espèces, genres, tribus, sous-familles sont créés par l'auteur.

De ces 39 espèces, sept habitent l'Europe, savoir : *Conwentzia pineticola* Enderl., *Coniopteryx tineiformis* Curt., *Semidalis aleurodiformis* Steph., *Parasemidalis Annæ* Enderl., *Aleuropteryx Loewi* Klap., *Helioconis lutea* Wall.

Cinq planches lithographiées, dont quatre doubles et quatre coloriées, illustrent les organes principaux : ailes, antennes, etc., qui servent à la description.

Les métamorphoses des Trichoptères. — Les larves des Trichoptères, enfermées pour la plupart dans des tuyaux fabriqués par elles-mêmes avec des pierrettes ou des débris organiques, et qu'on rencontre dans les eaux courantes ou dormantes, avaient attiré depuis longtemps l'attention des curieux et des naturalistes ; mais c'est au siècle dernier seulement et au nôtre, qu'on en a entrepris l'étude scientifique. Pictet de Genève, Mac Lachlan de Londres, Klapálek de Prague les avaient étudiées en passant ou avec quelque détail. Plus tard, Ulmer d'Hambourg et Struck de Lübeck s'en occupèrent également. Mais un autre inlassable investigateur, le Dr A. J. Silfvenius d'Helsingfors, en Finlande, a, pour ainsi dire, épuisé la matière. Ses investigations ont été l'objet de longs et consciencieux mémoires, ornés de planches.

Il a commencé par l'étude des métamorphoses de quelques familles (Phryganides, Limnophilides, etc.), puis il a parcouru tous les groupes des Trichoptères. Finalement il a porté toute son attention sur les œufs, pour suivre, dès l'origine, leur évolution. C'est une voie nouvelle qu'il a ouverte. Des 570 espèces de Trichoptères de la faune paléarctique, on connaissait passablement 200 larves, et 27 œufs en tout. Mais on n'avait suivi l'évolution d'*aucune* espèce à partir de l'œuf.

M. Silfvenius a réussi à connaître et à décrire les œufs d'un grand nombre d'espèces, ou du moins de genres, lorsque l'identification de l'espèce n'a pas été possible ; il a même tracé à grands traits le développement embryonnal. C'est un grand pas de fait dans ce nouveau sentier. Dans son excellent mémoire *Ueber den Laich der Trichopteren*, il résume les travaux de

ses devanciers et ses propres observations. Il y joint une riche documentation : 241 ouvrages y sont cités.

Systématique des larves des Trichoptères d'Europe — Excepté le genre *Enoicyla*, qui est un genre terrestre, toutes les autres larves des Trichoptères habitent les eaux douces. Avant l'ouvrage classique de Mac Lachlan sur les Trichoptères de la faune paléarctique, la connaissance des larves était fort peu avancée, la systématique presque nulle. M. Georg Ulmer d'Hambourg lui a fait faire un grand pas.

Pour rédiger la synopsis des larves des Trichoptères européens, M. Ulmer a utilisé les écrits de ses collègues et ses propres observations. Sa synopsis est donc le dernier mot sur cette matière.

Il admet aussi pour les larves les sept familles des Trichoptères adoptées par Mac Lachlan ; pour chaque famille il dresse une clé dichotomique très complète et préalablement il divise les familles en sous-familles. A la suite de chaque groupe ou famille, l'auteur indique le nom des espèces d'Allemagne dont on ne connaît pas encore les larves. Le nombre en est assez grand : il reste donc beaucoup à faire, même en Europe.

Les Trichoptères de la collection de feu Sélys-Longchamps. — Nous avons déjà parlé des belles collections entomologiques du Baron Sélys-Longchamps. La collection des Odonates est d'une richesse exceptionnelle : l'illustre savant lui a consacré, pendant plus d'un demi-siècle, son temps et ses ressources. Les Trichoptères n'avaient pas attiré si vivement son attention. Sa collection n'est pas des plus riches, dit M. Ulmer qui l'a étudiée, mais elle est très intéressante. On sait en effet qu'elle contient les types des anciens auteurs, de Rambur spécialement. On y compte au total 1983 exemplaires distribués en 360 espèces.

Elle forme deux sections : la section belge contenant 97 espèces et 953 exemplaires, et la section exotique, de 237 espèces et 3030 exemplaires. L'étude de l'ensemble fait l'objet d'un travail très soigné de M. Ulmer, travail illustré de 132 figures et de 4 magnifiques planches chromolithographiées. Nous remarquons une nouvelle division des Trichoptères en treize familles, au lieu de sept qu'on comptait d'ordinaire, depuis l'ouvrage classique de Mac Lachlan, savoir : Phryganides, Limnophilides, Sericostomides, Mollannides, Leptocérides, Odontocérides, Calamocé-

rides, Hydropsychides, Polycentropides, Psychomyides, Philopotamides, Rhyacophilides et Hydroptilides.

En finissant, observons que le nombre 97 signalé pour les espèces de la faune belge est beaucoup inférieur à la réalité ; il répond seulement aux espèces figurant actuellement dans la collection de Sélys-Longchamps.

Les premiers états des Lépidoptères. — Il y a encore bien des choses à étudier, même chez les papillons les plus connus. L'œuf, la chenille, la chrysalide, offrent peu d'attraits aux débutants, mais ces états divers sont, pour la science, d'un puissant intérêt. M. l'abbé Frionnet de Saint-Dizier (France) a pris soin d'illustrer ces états quant aux Rhopalocera (anciens Diurnes) des Lépidoptères français. Le dernier catalogue bien connu de Staudinger-Rebel lui donne l'ordre de description ; les divers auteurs et sa propre expérience lui fournissent les autres renseignements.

Les œufs nous sont assez peu connus. Nous ignorons la forme de ceux de plusieurs espèces et l'époque précise de leur éclosion. Les chenilles des Rhopalocera sont distribuées par l'auteur en dix formes typiques, appelées : Tentaculatæ, Pannosæ, Granulosæ, Nudæ, Oniscifórmes, Globulosæ, Cornutæ, Spinosæ, Furculæ, Tortriciformes. Une clé dichotomique nous conduit aux groupes, et, dans ceux-ci, aux espèces. Impossible d'ailleurs d'établir une méthode juste ; il pourra arriver que deux espèces très voisines diffèrent considérablement par la forme larvaire, mais le contraire est possible aussi. Les chrysalides peuvent se réduire à deux types : les anguleuses et les cylindro-coniques.

Incontestablement, l'ouvrage de M. Frionnet, bien qu'inachevé, marque un vrai progrès dans la connaissance des Lépidoptères.

Les Macrolépidoptères de l'Europe centrale. — La plupart des livres que possèdent les amateurs de papillons négligent souvent la description ou la figure des chenilles. C'est un grand inconvénient. Nombre d'espèces sont presque introuvables à l'état d'*imago*, et les échantillons qu'on en rencontre sont pour la plupart très défectueux. Rien de semblable aux exemplaires superbes qu'on obtient *ex larva !* Le Dr Lampert, de Stuttgart, a obvié à cet inconvénient en entreprenant la description et le dessin colorié de tous les gros papillons de l'Europe centrale et de leurs chenilles. Dans les 94 planches que contiendra l'ouvrage, plus de 2000 formes seront représentées.

Les chenilles y sont peintes sur les plantes qui leur servent de nourriture, ce qui en facilite beaucoup l'identification et la chasse. Nous ne doutons pas que l'ouvrage du Dr Lampert ne répande le goût de l'étude, si attrayante, des papillons.

Les lépidoptéristes eux-mêmes, comme aussi les musées, en profiteront également au point de vue de l'exacte classification et de l'arrangement de leurs collections. En outre, l'étude du Dr Lampert donne de précieux renseignements sur la préparation des lépidoptères, sur leur biologie, leur distribution géographique, etc. Les types des œufs, les chrysalides y sont représentés. L'ordre suivi dans l'énumération est le même que celui du dernier catalogue, bien connu, de Staudinger-Rebel.

Les papillons d'Angleterre. — M. Tutt, le savant lépidoptériste de Londres, a étudié avec un véritable zèle les lépidoptères de son pays. Au début de l'année 1907, il avait déjà publié le cinquième volume de son ouvrage *Natural History of the British Lepidoptera*, dans lequel il ne se borne pas à la description des espèces ; il nous initie aussi aux curiosités de la vie de ces jolis et intéressants insectes. Notamment il s'occupe des hybridations faites en nature et en captivité, et indique les expériences qu'on peut faire pour obtenir ce résultat.

Classification des moustiques. — Les moustiques ont fait beaucoup parler d'eux de nos jours, comme étant coupables de la transmission de maladies infectieuses, dans les pays tropicaux. Or, au fur et à mesure qu'on en découvrait de nouvelles espèces, on essayait diverses classifications, et parmi celles qu'ont imaginées divers auteurs : Neveu-Lemaire, Williston, etc., sans parler des plus anciennes, celle de M. Théobald était sans contredit la plus autorisée. Toutefois MM. Harrison, G. Dyar et Frédéric Knab lui ont trouvé quelques défauts essentiels à cause desquels ils ont dû la rejeter.

Partant de ce principe, que nous admettons, que les caractères considérés comme essentiels aux groupes appelés genres, et les plus élevés, doivent se rencontrer dans les deux sexes, ils accordent peu d'importance à la longueur et à la structure des palpes, à la présence ou l'absence du petit article terminal de la femelle, etc. Ils admettent aussi la correspondance avec quelques caractères des larves. Puis ils introduisent un nouveau caractère pour la taxonomie, c'est le *peigne*, situé à l'extrémité du tibia, et consistant dans une série de petites épines. Ce peigne,

semble-t-il, sert à la propreté où à la toilette du corps et des ailes.

En conséquence, ces savants n'admettent pas les sous-familles introduites par l'école Théobaldienne, les Anophelinæ non exceptés.

Ils proposent seulement deux tribus : les *Culicini*, avec le métanotum privé de poils ou soies (setæ) et les *Sabethini*, avec un groupe de cils sur le métanotum.

Plusieurs genres créés dernièrement sont également supprimés.

Les guêpes sud-américaines. — Les études de M. Jean Brèthes dans les Annales du Musée national de Buenos-Aires ont apporté une nouvelle et sérieuse contribution à la connaissance des guêpes sud-américaines appartenant aux deux familles Vespies et Euménides.

A propos de ce dernier nom, l'auteur avertit qu'il emploie le mot Euméninides de préférence au terme plus usuel d'Euménides, à raison de la dérivation en usage d'après les règles établies par les Congrès internationaux de Zoologie. En effet, on fait dériver les noms de familles des génitifs ; et, de même qu'on dit *Chrysididæ* et non *Chrysidæ*, on doit dire *Eumenididæ* et non *Eumenidæ*. Il semble pourtant qu'on pourrait tenir compte de l'euphonie et aussi de l'usage : or l'usage tend à raccourcir certains mots trop longs où les mêmes syllabes se repètent.

L'auteur accorde une grande importance à l'étude des organes génitaux du mâle, qu'il fait figurer dans les descriptions d'espèces nouvelles. Cette étude, sans doute, rend la tâche plus difficile, mais elle conduit, d'autre part, à une plus grande exactitude. Elle rend facile la distinction, la séparation de plusieurs espèces qui, d'abord, semblent identiques par leurs caractères extérieurs. Le laconisme des descriptions est parfois plutôt nuisible qu'utile, parce qu'il contribue à jeter la confusion parmi les espèces, au lieu de les distinguer plus nettement ; c'est également notre avis. L'auteur a évité ce laconisme sans tomber dans l'excès contraire : il donne, de chaque forme nouvelle (il en décrit un bon nombre) une diagnose courte, suivie d'une description très détaillée. Diagnoses et descriptions sont en latin ; c'est un usage assez répandu, et que nous souhaiterions voir se généraliser.

Longin Navàs, S. J.

GÉOGRAPHIE

L'expédition antarctique du Lieutenant Shackleton. — Les dépêches annonçant le retour de l'expédition du *Nimrod* sont encore peu nombreuses et très sobres d'informations. Sans vouloir dresser dès maintenant le bilan même provisoire de ses résultats scientifiques, on peut songer à en indiquer sommairement les points principaux.

Le *Nimrod* prit ses quartiers d'hiver dans le Mac Murdo Sound vers 77° S. au printemps de 1908. Deux expéditions furent aussitôt préparées. La première devait prendre la direction du Sud et marcher sur le pôle géographique ; la seconde, dans une direction presque opposée, s'efforcerait d'atteindre le pôle magnétique. Les mois d'hiver furent mis à profit pour échelonner des dépôts de vivres sur la route qu'on suivrait en été, et pour faire l'ascension du Mont Eurèbe, volcan éteint de 4010 mètres d'altitude.

Le 3 novembre 1908, le lieutenant Shackleton quittait avec trois compagnons les campements d'hiver et se dirigeait vers le Sud en suivant le méridien 168° E. de Greenwich. La banquise, amoncellement de glaces et de névés, s'étendait sur une longueur de plus de 600 km. Elle fut franchie en vingt-quatre jours par les traîneaux attelés de poneys de Mandchourie, et fit place, par 83° 33′ S. et 172° E., aux glaciers abrupts de la terre ferme. A partir de ce point la marche fut pénible et fort lente. On atteignit, en gravissant les glaciers, un plateau de 3200 mètres d'altitude coupé, dans la direction du S.-E., par deux chaînons de montagnes parallèles. A plusieurs reprises, de violentes rafales soufflant du Sud bloquèrent la petite troupe pendant des jours entiers. Le 9 janvier fut atteint, par 88° 23′ S. et 162° E., le point extrême : on rebroussa chemin à 165 km du pôle ; c'est à peu près la distance de Bruxelles à Amsterdam. Le plateau de glace s'étendait à perte de vue vers le Sud. Le 4 mars, l'expédition rentrait au campement.

La seconde mission, sous la conduite du professeur David, de Sydney, se dirigea d'abord vers le Nord en suivant sur les glaces la côte E. de Victoria Land. Après une première tentative infructueuse d'ascension du plateau par les gorges des monts Nansen

et Larsen, elle parvint sur les hauts plateaux de 2150 mètres d'altitude et campa, le 16 janvier 1909, au pôle magnétique ; nous donnons plus loin sa position géographique.

Au retour la voie des glaces se trouva coupée, la mer ayant rompu la banquise. Le *Nimrod* vint au secours des voyageurs et les recueillit le 4 février.

Les résultats principaux de l'expédition Shackleton intéressent surtout la géologie. Il semble acquis que les plateaux de Victoria Land et ceux de la terre de Wilkes sont d'un seul tenant. Les nervures montagneuses que Shackleton croisa sur le plateau antarctique vont probablement se raccorder avec celles qu'on voit s'amorcer sur les côtes de la terre de Graham, en sorte que le continent austral se trouve divisé, par ces Cordillères, en deux versants inégaux, l'un de déclivité rapide vers le Pacifique, l'autre de pente faible recouvrant le pôle et venant se terminer à l'Atlantique.

Au point de vue météorologique, signalons le fait remarquable d'un anticyclone permanent sur le pôle. Les deux expéditions eurent à souffrir d'un vent du Sud incessant et très violent. Ces courants atmosphériques semblent d'ailleurs n'intéresser qu'une faible épaisseur de la couche atmosphérique, car leurs variations n'ont pas d'influence appréciable sur le baromètre. La température au sommet des plateaux ne diffère pas de celle qu'on observe sur la banquise. Elle oscille entre — 20° et — 40° C. La position actuelle (1) du pôle magnétique a été déterminée en longitude et en latitude. Les dernières valeurs numériques qu'on possédait à ce sujet et que le calcul avait dégagées des observations faites dans les campagnes antérieures sont rapprochées de la détermination du Prof. David dans le tableau suivant, où les longitudes sont comptées du méridien de Greenwich :

Latitude S.	*Longitude* E.	
73° 30′	147° 30′	Ross 1844
72° 40′	152° 30′	Sonthun-Cross 1900
72° 51′	156° 25′	Expéd. nation. anglaise. 1904
72° 25′	154°	Exp. Shackleton 1909

On ne possède encore aucun détail précis sur la collection d'échantillons de vie animale et végétale ni sur les quelques fossiles que l'expédition rapporte.

(1) Les pôles magnétiques terrestres ne sont pas fixes : ils subissent un déplacement lent accusé par les variations séculaires de la déclinaison. De plus, ils ne sont pas situés aux deux extrémités d'un diamètre de la Terre.

De nouvelles missions scientifiques vont être dirigées vers le pôle Sud. Félicitons-nous de voir que l'intérêt se détache peu à peu des voyages polaires dans les régions boréales qui, dans l'état déjà suffisamment avancé de nos connaissances géographiques, n'ont plus guère que le caractère sportif d'un raid sur la banquise. Réservons nos forces à l'étude du continent austral qui recèle peut-être quelque grand secret de la vie ou de l'histoire géologique de notre terre.

D. T.

TABLE DES MATIÈRES

DU

QUINZIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LXV DE LA COLLECTION

Livraison de Janvier 1909

L'ÉTHER ET LES THÉORIES OPTIQUES, par le **P. J. Thirion, S. J.** 5

TYRIENS ET CELTES EN ESPAGNE, par **M. L. Siret**. . . . 51

LES FEMMES DANS LA SCIENCE, par **M. M. d'Ocagne**. . . 64

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE *(suite)* :
XXI. BARCELONE ET BILBAO, par le **P. Charles, S. J.** . 92
XXII. BUENOS-AIRES, par **M. M. Theunissen** 125

PASCAL, L'HORREUR DU VIDE ET LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE, par le **P. J. Thirion, S. J.** 149

A PROPOS DE CAOUTCHOUCS, par **M. É. De Wildeman** . . 201

A PROPOS DU SENTIMENT DE PRÉSENCE CHEZ LES PROFANES ET CHEZ LES MYSTIQUES *(suite)*, par **J. M., S. J.** 219

VARIÉTÉ. — *Le mouvement brownien*, par **J. Thirion, S. J.** 250

BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons sur les théories générales de l'analyse, par René Baire, **M. O.** 267
II. Leçons sur les fonctions définies par les équations différentielles du premier ordre, par Pierre Boutroux, **M. O.** 269
III. Traité de mathématiques générales, par E. Fabry, **F. W.** 273

IV. Traité des courbes spéciales remarquables planes et gauches, par F. Gomes Teixeira, **H. Bosmans, S. J.** 274
V. La Photogrammétrie comme application de la géométrie descriptive, par F. Schilling ; édition française par L. Gerard, **M. O.** 277
VI. Navigation, par E. Perret, **Ph. du P.** 279
VII. Chronométrie, par J. Andrade, **Ph. du P.** . . . 283
VIII. Locomotive à vapeur, par J. Nadal, **Ph. du P.** 286
IX. Artillerie de campagne, par J. Paloque, **C. B. G.** 289
X. Fortification cuirassée, par L. Piarron de Mondésir, **C. B. G.** 291
XI. Der Bericht des Simplicius über die Quadraturen des Antiphon und des Hippokrates, von F. Rubio, **H. Bosmans, S. J.** 294
XII. G. Sergi. Europa. L'origine dei popoli europei e loro relazioni coi popoli d'Africa, d'Asia e d'Oceania, **J. G. Van den Gheyn, S. J.** 301
XIII. P. W. Schmidt. Panbabilonismus und ethnologischer Elementargedanke, **Ed. De Jonghe** . 308
XIV. Prof. Enrico Morselli. Psicologia e spiritismo. Impressioni e note critiche sui fenomeni medianici di Eusapia Paladino, **J. G.** 312
XV. Les métiers de Namur sous l'ancien régime, par J.-B. Goetstouwers, S. J., **É. de Moreau, S. J.** 315
XVI. J. Goffart. Le Congo physique, politique et économique, **E. D. J.** 320
XVII. Ernesto Torquist et le commerce anversois, par J. Tilmant, **C.** 321
XVIII. Qu'est-ce que la philosophie ? par C. Sentroul, **L. S.** 323

Revue des Recueils périodiques.
Botanique économique, par **É. D. W.** 324
Astronomie : *La dispersion de la lumière dans l'espace interstellaire*, par **N. N.** 332

Bulletin bibliographique 345

Livraison d'Avril 1909

ÉTUDE SUR QUELQUES EFFETS REMARQUABLES DE L'ÉLASTICITÉ DES LIQUIDES, par **M. G. Van der Mensbrugghe** . . 353

A PROPOS DU SENTIMENT DE PRÉSENCE CHEZ LES PROFANES ET CHEZ LES MYSTIQUES *(fin)*, par **J. M., S. J.** 376

L'ENSEIGNEMENT AU JAPON, par **M. Th. Gollier** 427

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE *(suite)* : XXIII. BRÊME, par le **P. J. Charles, S. J.** 474

LA GENÈSE DU TRANSATLANTIQUE MODERNE, par **M. J. Meuwissen** 508

QUELQUES IDÉES SUR LA GUERRE, par **M. C. Beaujean** . . 588

VARIÉTÉS. — I. *A propos d'une histoire des mathématiques (suite)*, par **B. Lefebvre, S. J.** 599
II. *Corrections faites dans l'Annuaire du Bureau des Longitudes*, par le **Vte du Ligondès**. 626

BIBLIOGRAPHIE. — I. Exercices et Leçons d'Analyse, par R. d'Adhémar, **C. de la Vallée Poussin**. 629
II. Études nouvelles sur l'Astronomie, par Ch. André et P. Puiseux. La Terre et la Lune, **C. de Kirwan** 632
III. Histoire de la Chimie depuis Lavoisier jusqu'à nos jours, par A. Ladenburg, **R. D.** 643
IV. Cours de ponts métalliques, par J. Résal, tome I, **R. V. D. M.** 644
V. La forme du lit des rivières à fond mobile, par L. Fargue, **R. V. D. M.** 650
VI. Quelques ouvrages relatifs à l'aviation : 1. L'aéroplane pour tous, par L. Lelasseux et R. Marque ; — 2. L'Homme s'envole. Le passé, le présent et l'avenir de l'aviation, par Sagerac de Forge ; — 3. Éléments d'aviation, par V. Tatin ; — 4. L'aviation, ses débuts, son développement, par F. Ferber ; — 5. Le problème de l'aviation et sa solution par l'aéroplane, par Argeugaud, **G. B.** . . . 652
VII. Bilan géographique de l'année 1908, par le Frère Alexis M. G., **A. Monnois**. 661

VIII. Les Sociétés de secours mutuels. A travers la mutualité, par A. Weber, **B.** 668
IX. Institutiones Metaphysicæ specialis quas tradebat in Collegio Max. Lovaniensi P. St. De Backer, S. J., tomus IV, Theologia naturalis, **F. Janssen** 677
X. I. Bref och skifvelser af och till Carl von Linné ; — II. Bibliographia Linnaeana, par J. M. Hulth, **J. M.** 681

Revue des Recueils périodiques.
Entomologie, par **L. Navás, S. J.** 682
Géographie : *L'Expédition antarctique du lieutenant Shackleton* 694

Impr. F. & R. Ceuterick, rue Vital Decoster, Louvain.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
verra dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XV — 20 JANVIER 1909

(TRENTE-TROISIÈME ANNÉE ; TOME LXV DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1909

LIVRAISON DE JANVIER 1909

I. — L'ÉTHER ET LES THÉORIES OPTIQUES, par le **P. J. Thirion, S. J.**, p. 5.

II. — TYRIENS ET CELTES EN ESPAGNE, par **M. L. Siret**, p. 51.

III. — LES FEMMES DANS LA SCIENCE, par **M. M. d'Ocagne**, p. 64.

IV. — LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE *(suite)* :
XXI. Barcelone et Bilbao, par le **P. Charles, S. J.**, p. 92.
XXII. Buenos-Aires, par **M. M. Theunissen**, p. 125.

V. — PASCAL, L'HORREUR DU VIDE ET LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE, par le **P. J. Thirion, S. J.**, p. 149.

VI. — A PROPOS DE CAOUTCHOUCS, par **M. É. De Wildeman**, p. 201.

VII. — A PROPOS DU SENTIMENT DE PRÉSENCE CHEZ LES PROFANES ET CHEZ LES MYSTIQUES *(suite)*, par **J. M., S. J.**, p. 219.

VIII. — VARIÉTÉ. — *Le mouvement brownien*, par **J. Thirion, S. J.**, p. 250.

X. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons sur les théories générales de l'analyse, par René Baire, **M. O.**, p. 267. — II. Leçons sur les fonctions définies par les équations différentielles du premier ordre, par Pierre Boutroux, **M. O.**, p. 269. — III. Traité de mathématiques générales, par E. Fabry, **F. W.**, p. 273. — IV. Traité des courbes spéciales remarquables planes et gauches, par F. Gomes Teixeira, **H. Bosmans, S. J.**, p. 274. — V. La Photogrammétrie comme application de la géométrie descriptive, par F. Schilling ; édition française par L. Gerard, **M. O.**, p. 277. — VI. Navigation, par E. Perret, **Ph. du P.**, p. 279. — VII. — Chronométrie, par J. Andrade, **Ph. du P.**, p. 283. — VIII. Locomotive à vapeur, par J. Nadal, **Ph. du P.**, p. 286. — IX. Artillerie de campagne, par J. Paloque, **C. B. G.**, p. 289. — X. Fortification cuirassée, par L. Piarron de Mondesir, **C. B. G.**, p. 291. — XI. Der Bericht des Simplicius über die Quadraturen des Antiphon und des Hippokrates, von F. Rubio, **H. Bosmans, S. J.**, p. 294. — XII. G. Sergi. Europa. L'origine dei popoli europei e loro relazioni coi popili d'Africa, d'Asia e d'Oceania, **J. Van den Gheyn, S. J.**, p. 301. — XIII. P. W. Schmidt. Panbabilonismus und ethnologischer Elementargedanke, **Ed. De Jonghe**, p. 308. — XIV. Prof. Enrico Morselli. Pscicologia e spiritismo. Impressioni e note critiche sui fenomeni medianici di Eusapia Paladino, **J. G.**, p. 312. — XV. Les métiers de Namur sous l'ancien régime, par J.-B. Goetstouwers, S. J., **É. de Moreau, S. J.**, p. 315. — XVI. J. Goffart. Le Congo physique, politique et économique, **É. D. J.**, p. 320. — XVII. Ernesto Torquist et le commerce anversois, par J. Tilmant, **C.**, p. 321. — XVIII. Qu'est-ce que la Philosophie ? par C. Sentroul, **L. S.**, p. 323.

X. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Botanique économique, par **É. D. W.**, p. 324. — Astronomie : La dispersion de la lumière dans l'espace interstellaire, par **N. N.**, p. 332.

XI. — BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE, p. 345.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV

TROISIÈME SÉRIE

TOME XV — 20 AVRIL 1909

(TRENTE-TROISIÈME ANNÉE ; TOME LXV DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1909

LIVRAISON D'AVRIL 1909

I. — ÉTUDE SUR QUELQUES EFFETS REMARQUABLES DE L'ÉLASTICITÉ DES LIQUIDES, par **M. G. Van der Mensbrugghe,** p. 353.

II. — A PROPOS DU SENTIMENT DE PRÉSENCE CHEZ LES PROFANES ET CHEZ LES MYSTIQUES *(fin)*, par **J. M., S. J.,** p. 376.

III. — L'ENSEIGNEMENT AU JAPON, par **M. Th. Gollier,** p. 427.

IV. — LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE *(suite)* :
XXIII. Brême, par le **P. J. Charles, S. J.,** p. 474.

V. — LA GENÈSE DU TRANSATLANTIQUE MODERNE, par **M. J. Meuwissen,** p. 508.

VI. — QUELQUES IDÉES SUR LA GUERRE, par **M. C. Beaujean,** p. 588.

VII. — VARIÉTÉS. — I. *A propos d'une histoire des Mathématiques* (suite), par **B. Lefebvre, S. J.,** p. 599. — II. *Corrections faites dans l'Annuaire du Bureau des Longitudes*, par le **Vte du Ligondès.** p. 626.

VIII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Exercices et Leçons d'analyse, par R. d'Adhémar, **C. de la Vallée Poussin,** p. 629. — II. Études nouvelles sur l'astronomie, par Ch. André et P. Puiseux. La Terre et la Lune, **C. de Kirwan,** p. 632. — III. Histoire de la Chimie depuis Lavoisier jusqu'à nos jours, par A. Ladenburg, **R. D.,** p. 643. — IV. Cours de ponts métalliques, par Jean Résal, tome I, **R. V. D. M.,** p. 644. — V. Hydraulique fluviale. La forme du lit des rivières à fond mobile, par L. Fargue, **R. V. D. M.,** p. 650. — VI. Quelques ouvrages relatifs à l'aviation : 1. L'aéroplane pour tous, par L. Lelasseux et R. Marque ; — 2. L'Homme s'envole. Le passé, le présent et l'avenir de l'aviation, par Suzerac de Forge ; — 3. Éléments d'aviation, par V. Tatin ; — 4. L'aviation, ses débuts, son développement, par F. Ferber ; — 5. Le problème de l'aviation et sa solution par l'aéroplane, par Argengaud, **G. B.,** p. 652. — VII. Bilan géographique de l'année 1908, par le Frère Alexis M.-G., **A. Monnois,** p. 661. — VIII. Les Sociétés françaises de secours mutuels. A travers la mutualité, par A. Weber, **B.,** p. 668. — IX. Institutiones metaphysicæ specialis quas tradebat in Collegio Max. Lovaniensi P. St. De Backer, S. J., tomus IV, Theologia naturalis, **F. Janssen,** p. 677. — X. I. Bref och skifvelser af och till Carl von Linné ; — II. Bibliographia Linnaeana, par J. M. Hulth, **J. M.,** p. 681.

IX. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Entomologie, par **L. Navas, S. J.,** p. 682. — Géographie : L'expédition antarctique du lieutenant Shackleton, par **D. T.,** p. 694.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXII, 1875 à 1908. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages. fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun . . . . . fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr. ; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Ed. Vandersmissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905) . . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : T. I. Introduction, Ed. Van der Smissen. — I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. — II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. — III. Barry, H. Laporte. — IV. Beira, Ch. Morisseaux. — V. Liverpool, P. de Rousiers. — VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. — VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans. Prix : 4 francs. — T. II. — VIII. Londres, G. Eeckhout. — IX. Délos, A. Roersch. — X. Rotterdam, J. Charles. — XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. — XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. — T. III. — XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. — XIV. Ostende. L.-Th. Leger. — XV. Jaffa, P. Gendebien. — XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. — XVII. Le Havre, G. Blondel. — XVIII, Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. — XIX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. — XX. Han-Kow. A. Vanderstichel. Prix : 3 francs. — T. IV. — Sous presse.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8 de 48 pages (1907). . . . . fr. **1 00**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) . . . . . fr. **1 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901) ; la livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième serie.**

Elle paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Outre ces trois parties, chaque livraison contient ordinairement un ou plusieurs articles de **Variétés.**

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** %; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. & R. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXII, 1875 à 1908. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages. fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun . . . . . fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr. ; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Ed. Vandersmissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905) . . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : T. I. Introduction, Ed. Van der Smissen. — I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. — II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. — III. Barry, H. Laporte. — IV. Beira, Ch. Morisseaux. — V. Liverpool, P. de Rousiers. — VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. — VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans. Prix : 4 francs. — T. II. — VIII. Londres, G. Eeckhout. — IX. Délos, A. Roersch. — X. Rotterdam, J. Charles. — XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. — XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. — T. III. — XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. — XIV. Ostende. L.-Th. Leger. — XV. Jaffa, P. Gendebien. — XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. — XVII. Le Havre, G. Blondel. — XVIII, Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. — XIX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. — XX. Han-Kow. A. Vanderstichel. — T. IV. — Sous presse.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8 de 48 pages (1907). . . . . fr. **1 00**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) . . . . . fr. **1 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901) ; la livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série.**

Elle paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Outre ces trois parties, chaque livraison contient ordinairement un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** %; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'*Administration *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. & R. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

Revue des questio
series 3. tome
10-4557

Date Loaned	Borrower's
[illegible]	Clarkson Tech, Pots

AMNH LIBRARY
100226265